

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

**Mechanismus sklopné postele
s elektropohonem**

**Mechanism of a Folding Bed
with an Electric Drive**

Student:

Bc. Lukáš Onderka

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Daniel Pištáček, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Onderka**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Mechanismus sklopné postele s elektropohonem**
Mechanism of a Folding Bed with an Electric Drive

Zásady pro vypracování:

Navrhnete mechanismus vertikální sklopné dvojpostele a jeho elektropohon, vypracujete výkresovou dokumentaci. Zpracujte úvod do problematiky, řešící sklopných postelí a mechanismů, koncept navrhovaného řešení a základní návrhové a kontrolní výpočty. Min. rozsah práce bez příloh je 45 stran.

Zadané podmínky:

- kovová konstrukce mechanismu, vertikální provedení ve dvojlůžkové úpravě.
- pohon elektromotorem, max. čas sklopení 30 s, zatížení vlastní hmotností, matracemi a lůžkovinami,
- možnost zástavby do výklenku stěny nebo do skříně, fixace mechanismu ke stěně, popř. k podlaze.

Seznam doporučené odborné literatury:

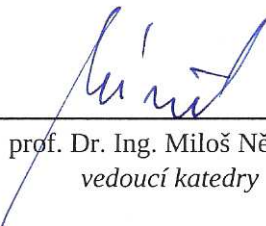
KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008. 130 s. ISBN 978-80-248-1860-3.
KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
MORAVEC, Vladimír, HAVLÍK, Jiří. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2005. 72 s. ISBN 80-248-0878-1.
LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2006. ISBN 80-7361-033-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 21. 5. 2012

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21. 5. 2012

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Lukáš Onderka

Adresa trvalého pobytu autora práce: Skřipov 216, 747 45

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ONDERKA, L. . *Mechanismus sklopné postele s elektropohonem : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2012, 48 s. Vedoucí práce: Píšťáček, D.

Diplomová práce se zabývá návrhem mechanismu sklopné postele s elektromotorem. Sklápění je prováděno s pomocí tažných pružin, řízeno a regulováno lineárními aktuátory firmy LINAK. Smyslem práce je uživatelsky zpříjemnit použití sklopné postele. Velkou předností oproti běžně vyráběným postelím je demontovatelný rám, pomocí technologie nýtovacích matic, což usnadní manipulaci při dopravě a montáži. Postel je možno ukotvit k podlaze i ke zdi. Vestavené rozměry umožňují zástavbu do skříně nebo do výklenku. Návrh mechanismu předpokládá každodenní používání a bere v potaz použití různých druhů lůžkovin s odlišnou hmotností. Postel je konstruována ve dvojlůžkové úpravě s velikostí ložného prostoru 160x200 cm. V příloze je přiložena požadovaná výrobní dokumentace.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ONDERKA, L. *Mechanism of a Folding Bed with an Electric Drive: Master Thesis*. Ostrava : VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of parts contrivance and machine, 2012, 58 p. Thesis head: Píšťáček, D.

Master thesis deals with the proposition of mechanism of a folding bed with an electric drive. The folding is practiced with help of towing springs. It is drive and regulated with a linear actuators from the company LINAK. The meaning of thesis for user is easily using folding bed. The big advantage against the normal manufacturing bed is dismantled frame with the help of the technology nuts with riveting. This is better for manipulation during a transportation and a installation. It can be anchored to the wall or to the floor. Built in dimensions is possible development to cupboard or to the niche. The proposition of a mechanism assumes everyday using. Also it presupposes everyday using various types beddings with a different weight. The bed is designed as a double-bedded with the size of a bed capacity 160x200 cm. At the supplement is enclosed in the manufacturing documentation.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	7
1. Úvod	9
1.1 Historie sklopných postelí	10
1.2 Mechanismy sklopných postelí	10
1.3 Příklady zabudování sklopných postelí	13
1.4 Koncept návrhu sklopného mechanismu	15
1.5 Elementy zatěžující postel	16
2. Rám postele	18
2.1 Konstrukce rámu	18
2.2 Nýťovací matice	21
3. Návrh sklopného mechanismu	22
3.1 Pasivní moment hmotnosti postele	22
3.2 Volba a výpočet pružin	25
3.3 Volba a výpočet lineárních aktuátorů	28
3.4 Shrnutí dynamiky postele	31
4. Sklopitelné nohy, kotvící rám, lišty kotvící ke zdi a příslušenství	33
4.1 Sklopitelné nohy	33
4.2 Kotvící rám a lišty kotvící ke zdi	35
4.3 příslušenství lineárního akumulátoru	36
5. Výpočet čepů	37
5.1 Výpočet svaru čepu nohy	37
5.2 Výpočet čepu nohy na ohyb	38
5.3 Výpočet otočného čepu na ohyb a měrný tlak	39
6. Pevnostní výpočet rámu	41
6.1 Pevnostní analýza bočního profilu rámu	41
6.2 Pevnostní analýza táhla pružin	42
7. Závěr	44
Seznam použité literatury	46
Seznam příloh	48

Seznam použitých značek a symbolů

D_0	průměr pružiny	mm
F_1	síla působící na svar čepu	N
F_A	síla aktuátoru	N
$F_{\check{C}}$	zatížení otočného čepu	N
F_P	zatížení pružin	N
F_Q	tíha postele	N
F_z	provozní zatížení	N
L_0	minimální délka pružiny	mm
L_i	prodloužení pružiny	mm
L_H	velikost oka pružiny	mm
L_n	maximální délka pružiny	mm
M_A	moment od aktuátorů	N·mm
M_o	ohybový moment	N·mm
M_P	moment od pružin	N·mm
M_Q	moment od tíhy postele	N·mm
M_V	výsledný moment zatížení	N·mm
N_A	počet aktuátorů	
$N_{\check{C}}$	počet čepů	
N_P	počet pružin	
R	tuhost pružiny	N/mm
Re	mez kluzu materiálu	MPa
a_{MAX}	maximální vzdálenost těžiště	mm
$a_{\check{C}}$	šířka oka	mm
a_{MIN}	minimální vzdálenost těžiště	mm
$b_{\check{C}}$	šířka stěny	mm
b_{MAX}	maximální výška těžiště	mm
b_{MIN}	minimální výška těžiště	mm
c	rameno momentu pružin	mm
d	rameno momentu aktuátoru v ose x	mm
d_3	průměr čepu v místě svaru	mm
$d_{\check{C}}$	průměr otočného čepu	mm
d_d	průměr drátu	mm
d_S	průměr čepu v místě svaru	mm
e	rameno momentu aktuátoru v ose y	mm
g	gravitační zrychlení	m·s ⁻²
k_3	převodní součinitel svaru	

k_s	součinitel bezpečnosti	
l	vzdálenost síly od vetknutí	mm
m_{MAX}	maximální hmotnost postele	kg
m_{MIN}	minimální hmotnost postele	kg
v	vůle mezi okem a stěnou	mm
p	měrný tlak	MPa
p_d	dovolený měrný tlak	MPa
s	velikost svaru	mm
α	úhel sklopení postele	°
β	koeficient	
γ	úhel působení pružin na rám postele	°
δ	úhel působení síly akumulátoru na rám postele	°
σ_{Do}	dovolené ohybové napětí	MPa
σ_o	ohybové napětí čepu nohy	MPa
$\sigma_{oč}$	ohybové napětí otočného čepu	MPa
$\tau_{\perp}^{F_1}$	napětí ve svaru od smyku	MPa
$\tau_{\perp}^{M_{01}}$	napětí ve svaru od ohybového momentu	MPa

1. Úvod

V dnešní době drahých nemovitostí se zmenšují z finančních důvodů obytné prostory. Proto se vyskytuje snaha, využít tyto prostory co nejefektivněji. Jednou z možností je přes den skrýt postel, která zabírá spoustu místa.

Cílem diplomové práce je navrhnout sklopnou postel vyznačující se těmito parametry:

- možnost každodenního používání a zástavby do výklenku stěny nebo do skříně
- pohon elektromotorem
- vertikální provedení ve dvojlůžkové úpravě
- fixace mechanismu ke stěně, popř. k podlaze



Obr. 1.1 Herec Charlie Chaplin používá sklopnou postel (1916) [5]

1.1 Historie sklopných postelí

Myšlenku sklopné postele poprvé zrealizoval v San Franciscu vynálezce William L. Murphy, který si tento nápad nechal patentovat již v roce 1900. Po zemětřesení v San Francisku v roce 1906 se jeho vynález stal velmi populární. Hodně lidí z měst utrpělo velké škody a obývací prostor musel být využit co nejvíce. Murphyho lůžka se následně vlivem velkého stěhování lidí do měst za průmyslem rychle rozšířila po celé zemi.

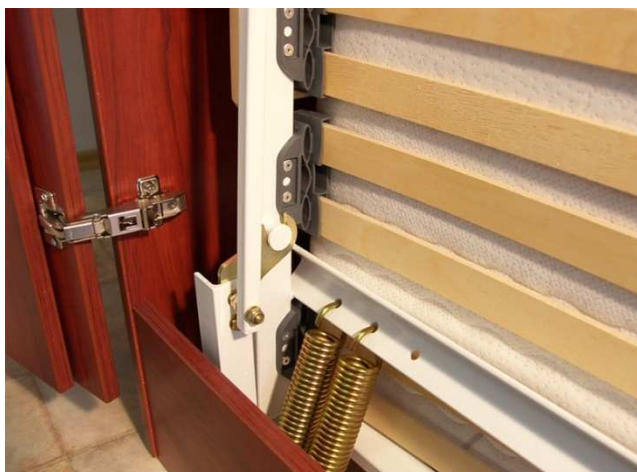


Obr. 1.2 Původní Murphyho postel [4]

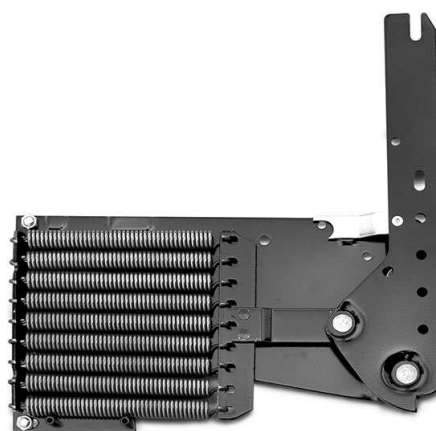
1.2 Mechanismy sklopných postelí

Pružinový mechanismus

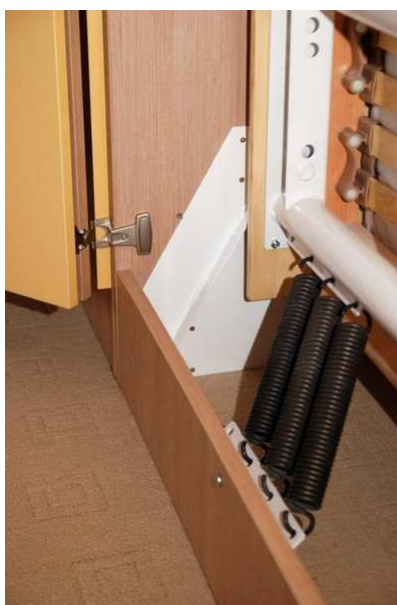
Nejčastěji používaným a nejjednodušším mechanismem používaným u sklopných postelí je pružinový systém. Tento princip se používá u tradičních Murphyho postelí. Zpravidla se používá sada válcových tažných pružin, které působí buď přímo na rám postele (obr. 1.3) nebo přes sklopný mechanismus, který je k rámu připevněn (obr. 1.4). Tyto pružiny umožňují snadné spouštění a zvedání postele. Odpor proti spouštění nebo sílu zvedání je možno regulovat počtem pružin (podle váhy roštu, matrace a lůžkovin).



Obr. 1.3 Sklopná postel s tažnými pružinami [3]



Obr. 1.4 Mechanismus sklopné postele pomocí tažných pružin [10]



Obr. 1.5 Mechanismus sklopné postele [10]

Pístnicový mechanismus

Druhým nejčastěji používaným typem mechanismu u sklopných postelí je pístový mechanismus (obr 1.6). Tyto písty obecně využívají plyn, jehož tlak má poskytovat pomoc při zvedání a spouštění postele. Jejich výhodou je možné umístění blokovacího zařízení, které zajišťuje zda je postel správně sklopena. Tyto zámky rovněž drží postel uvnitř skříně ve chvíli, kdy se postel zrovna nepoužívá. Použitím pístového mechanismu se prodlužuje životnost jednotlivých komponentů oproti použití pružin.

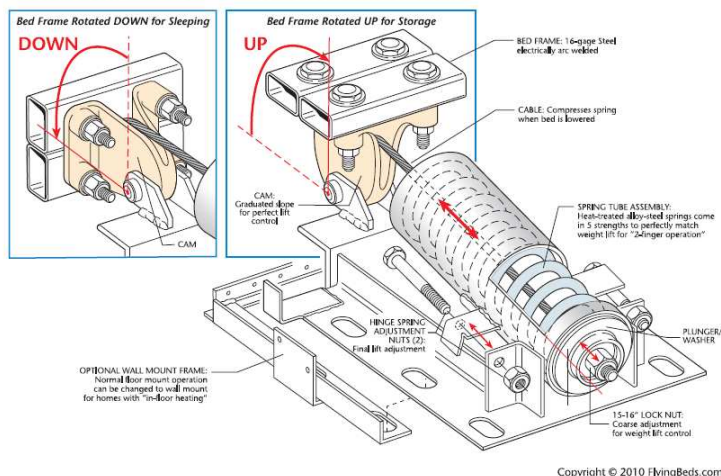


Obr 1.6 Pístnicový mechanismus [3]

Nekonvenční mechanismy

Mechanismus sklápění pomocí cívky, která je stlačena, když je postel sklopená na podlahu a natáhne se zpět do původní délky, když je lůžko ve vzpřímené poloze. (obr. 1.7). Výrobce uvádí 30-ti letou životnost za frekvence používání 3x za den.

How the SICO RoomMaker works



Obr. 1.7 Mechanismus sklopné postele firmy [15]

1.3 Příklady zabudování sklopných postelí

Postele se většinou montují do skříní. Na trhu lze najít např. lůžka, kde lze před rozložením vidět pouze pohovka doplněná o knihovničku nad hlavou. Ta slouží po rozložení jako masivní noha postele. Při sklápění lehací plochy zůstává knihovnička neustále v kolmé poloze, takže v ní mohou knihy zůstat (obr. 1.8).

Sklopnou postel je nutno při montáži pečlivě ukotvit do zdi. V případě, že je příčka ze sádkokartonu, upřednostňuje se montáž do podlahy. Záleží také na okolnostech, například zda se ve zdi nenacházejí rozvody elektřiny. Kotvit do parket se může, ale nikoli jen do nich, ale přímo do betonu podlahy.



Obr. 1.8 Sklopná postel v kombinaci s pohovkou a poličkou sloužící ve sklopeném tvaru jako noha [18]



Obr. 1.9 Sklopná postel ve skříní se zásuvnými dveřmi [16]



Obr. 1.10 Sklopná postel zabudovaná v klasické skříni [13]



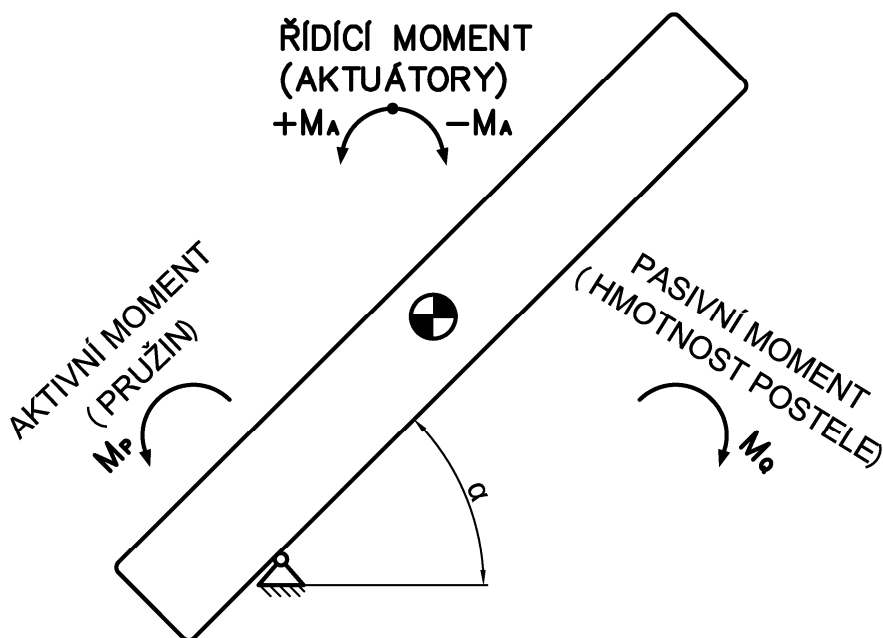
Obr. 1.11 Sklopná postel v kombinaci se stolem [12]



Obr. 1.12 Sklopná postel ve vertikální poloze jako „falešná“ skříň [11]

1.4 Koncept návrhu sklopného mechanismu

Koncept sklopného mechanismu je takový, že postel bude sklápěna s pomocí tažných pružin, přičemž zvedání a sklápění postele bude řízeno pomocí lineárních aktuátorů firmy LINAK. Tato firma dodává ke svým aktuátorům ovladače a další příslušenství, pomocí kterých může být mechanismus regulován. Nejprve spočítám pasivní moment M_Q působící na mechanismus, což je moment od hmotnosti postele. Dále spočítám aktivní moment od pružin M_P , který by měl pasivní moment přibližně vyvažovat (1.1). Nakonec spočítám řídicí moment aktuátorů M_A . Aktuátory pracují v tahu i tlaku, proto musí platit podmínka dle vzorce (1.2). Podmínka funkčnosti musí platit pro celý úhel sklopení $\alpha = 0^\circ \div 90^\circ$, kdy při $\alpha = 0^\circ$ je postel sklopena na podlaže.



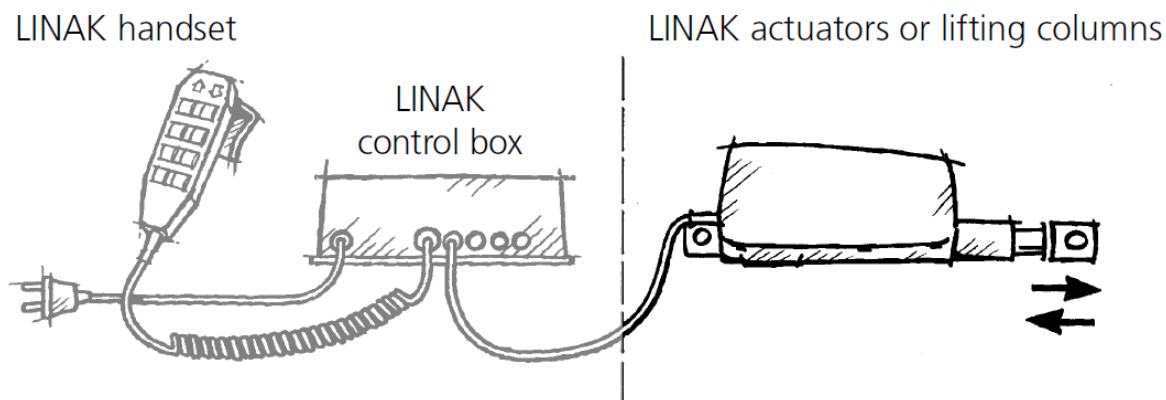
Obr. 1.13 Princip mechanismu sklopné postele

Cíl:

$$M_P \approx M_Q \quad (1.1)$$

PODMÍNKY FUNKČNOSTI:

$$M_Q - M_P < |M_A| \quad (1.2)$$



Obr. 1.14 Princip lineárních aktuátorů LINAK [9]

1.5 Elementy zatěžující postel

Matrace

Matrace působí při sklápění postele jako zátěžný element. Proto je nutné při volbě matrace pro budoucí výpočet sklopného mechanismu znát jejich hmotnost. Velikost ložného prostoru volím 160x200 cm. Použiji tedy dvě matrace o velikosti 80x200 cm a výšce 15 cm. **Hmotnost jedné matrace se pohybuje podle jejího typu v rozmezí 5÷15 kg.**

Pro dvojlůžko jsou vhodnější dvě menší matrace, než jedna velká. Důvodem je, že stejný typ matrace nemusí vyhovovat oběma partnerům.

Druhy matrací:

- **Polyuretanové (molitanové)** – vyrobené z polyuretanové pěny a řadí se mezi tvrdší matrace. Tyto matrace jsou velmi žádané kvůli své nízké ceně, mají však menší trvanlivost.
- **Taštičkové** – luxusní pružinové matrace. Jádro obsahuje cca 400 ks jednotlivých pružin v samostatných taštičkách.
- **Pružinové** – jejich výhodou je dokonalá větratelnost a prodyšnost.
- **Sendvičové (vrstvené)** – jsou tvořeny z několika vrstev a materiálů. Zahrnují široké spektrum matrací od standartních, až po velmi komfortní.
- **Latexové** – vyznačují se velkou bodovou deformací. Promáčknou se v místě největšího tlaku ležícího těla, ale okolí není tímto tlakem ovlivněno. Matrace mívají zóny s rozdílnou tvrdostí a díky tomu se výborně přizpůsobují ležícímu tělu.

Rošty

Volba roštu závisí na tom, jakým způsobem postel používáme. Pokud na posteli trávíme více času a používáme ji například ke čtení nebo sledování televize, je vhodnou volbou polohovací rošt. Protože je předpokladem, že bude sklopná postel přes den ve vertikální poloze, postačí rošt pevný. Pro výpočet volím dva lamelové rošty o velikosti 80x200 cm. Hmotnost jednoho lamelového roštu je cca 5 kg. **Pro výpočet budu tedy počítat s tím, že hmotnost obou roštů je 10 kg.**

Lamelové rošty do určité míry prodlužují životnost matrace ve srovnání s pevným roštem. Při použití lamelového roštu se také zlepšují užité vlastnosti matrací.

Druhy roštů podle polohovatelnosti:

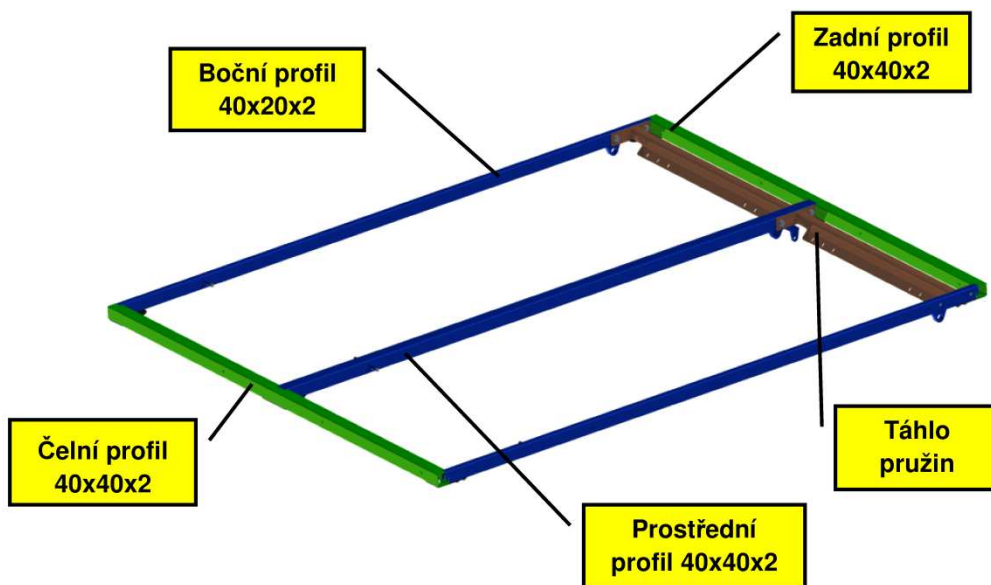
- Pevné
- Polohovatelné manuálně
- Polohovatelné elektricky

Druhy roštů podle provedení:

- Laťový – klasický rošt z úzkých dřevěných desek
- Lamelový - tvořený lamelami, jejichž tuhost je odlišná, podle rozložení hmotnosti postavy
- Kovový – nevýhodou může být jeho případné vrzání při dlouhodobějším používání

2. Rám postele

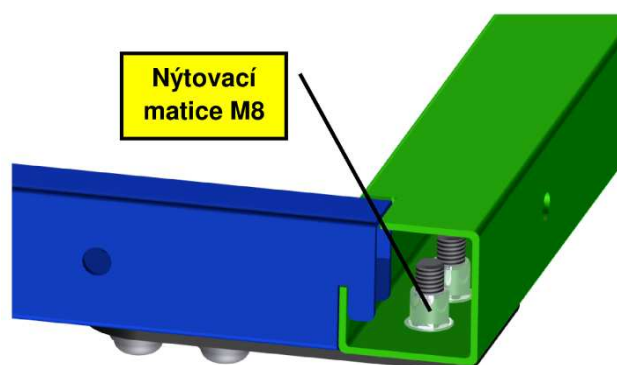
Rám postele je její hlavní nosný prvek. Jeho velikostí je určen ložný prostor. Je určen pro dva lamelové (laťkové) rošty velikosti 80x200. Nosná konstrukce rámu je tvořena z obdélníkových profilů 40x20x2 a čtvercových profilů 40x40x2 (obr. 2.1).



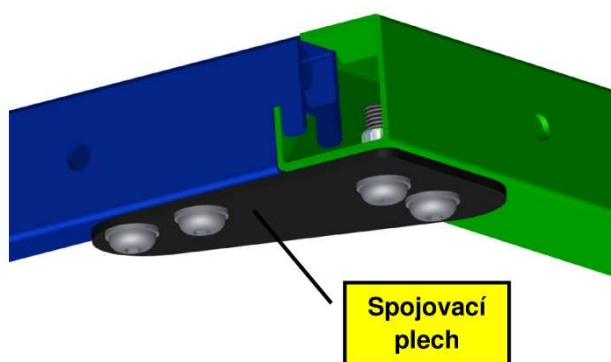
Obr. 2.1 Rám postele

2.1 Konstrukce rámu

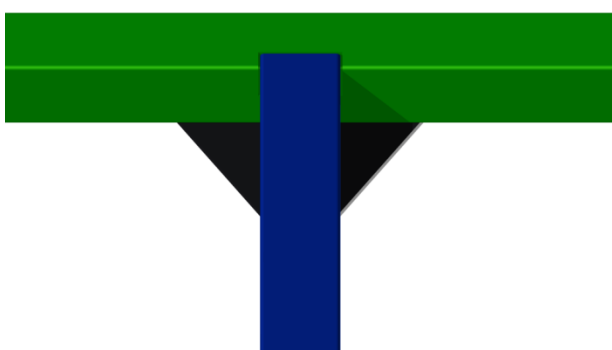
Všechny duté profily jsou vypáleny na CNC pomocí technologie pálení laserem. Po obvodu rámu jsou vypáleny průchozí díry, sloužící k uchycení bočních dřevěných desek a čela postele pomocí vratových šroubů. Běžně vyráběné rámy jsou svařované, což je nevýhodou jak při dopravě, tak při následné manipulaci během montáže. Hlavní snahou při konstrukci rámu proto bylo, aby byl zcela demontovatelný. To bylo uskutečněno pomocí nýtovacích matic [6], pro které byly na konci profilů vypálené otvory, do nichž jsou matice po nanesení práškového laku zanáty. Na koncích podélně montovaných profilů jsou laserem vypáleny háčky. V příčných profilech jsou vypáleny obdélníkové otvory, do nichž jsou konce podélných profilů postupně podle pořadí zaháknuty jako protikus. Ze spodní strany rámu se následně pomocí spojovacího plechu s otvory a šroubů s půlkulatou hlavou M8x25 profily k sobě stáhnou (obr. 2.2 a 2.3).



Obr. 2.2 Použití nýtovacích matic



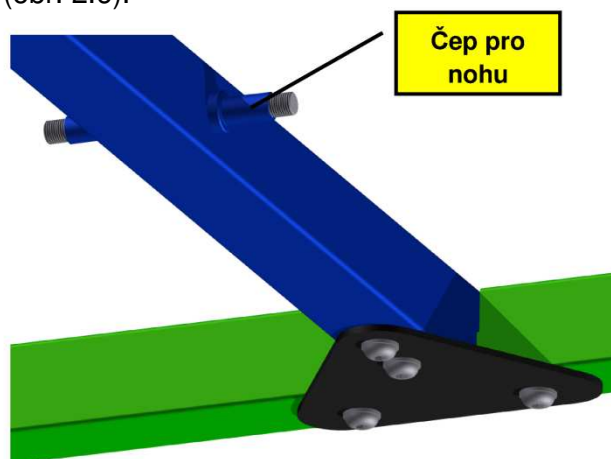
Obr. 2.3 Smontované profily pomocí spojovacích plechů



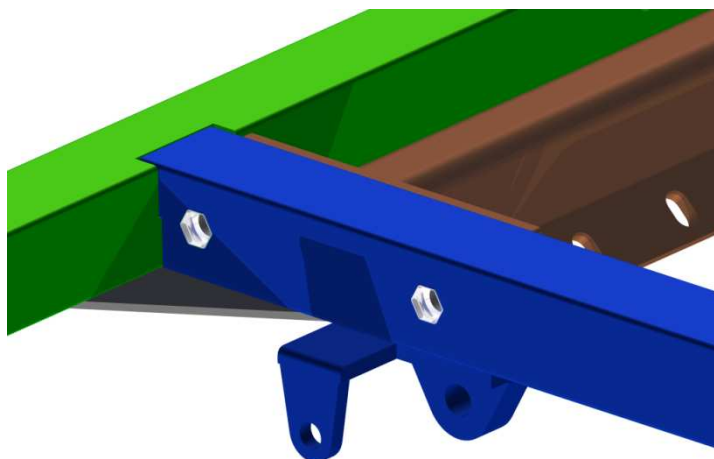
Obr. 2.4 Zaháknutý středový profil

Dále jsou na podélných profilech navařeny celkem 4 čepy se závitem, které slouží pro uchycení noh postele (obr. 2.5). V zadní části rámu jsou pomocí nýtovacích matic a šroubů M10 dvě táhla pružin (obr. 2.6 a 2.7). Dále jsou v zadní části podélných profilů

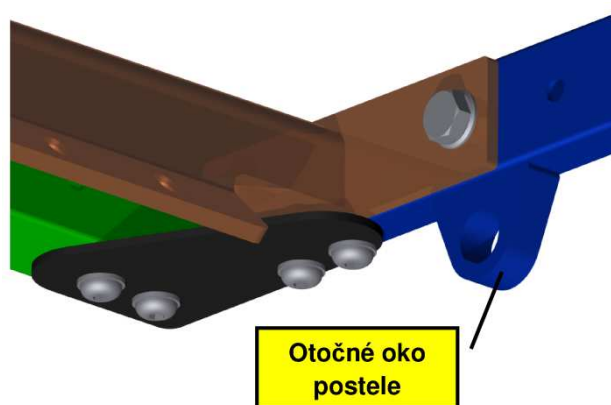
navařena oka pro čepy umožňující sklápění postele a oka sloužící pro uchycení lineárního aktuátoru (obr. 2.6).



Obr. 2.5 Středový profil s navařeným čepem pro umístění nohy



Obr. 2.6 Nýtovací matice M10 pro uchycení táhla pružin



Obr. 2.7 Spodní pohled na zadní roh rámu

2.2 Nýtovací matice

Nýtovací matice umožňují jednostranné zanýtování do plechu. Výhodou nýtovacích matic je jejich vysoká pevnost, vyšší než u třídy 8.8. U rámu bylo ke vzájemnému spojení profilů použito tvářených nýtovacích matic M8 a pro upevnění plechu na pružiny nýtovacích tvářených matic M10 (šestihranné se zápusťnou hlavou).

Použití nýtovacích matic:

- v případě, že je základní materiál příliš tenký na vytvoření kvalitního závitu
- je nezbytná jednostranná montáž, protože druhá strana materiálu je nepřístupná
- je požadována rozebíratelnost
- je požadován závit do lakovaných dílů (montáž do výrobku po povrchové úpravě)



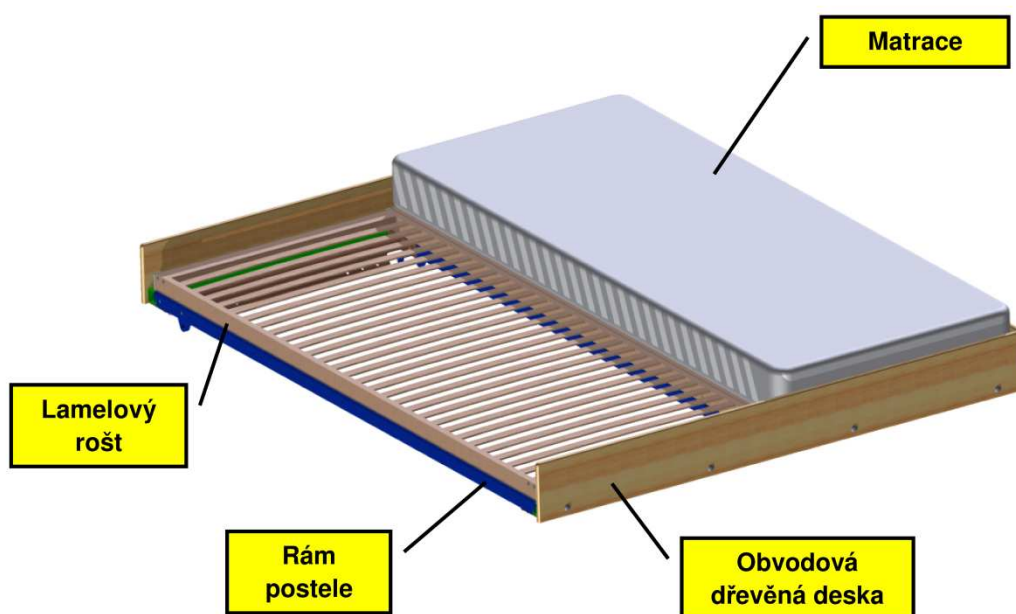
Obr. 2.8 Nýtovací matice zápusťná šestihranná [17]

3. Návrh sklopného mechanismu

V této kapitole jsem určil u pružin a aktuátorů jejich počet a typ.

3.1 Pasivní moment hmotnosti postele

Hmotnost kovového rámu, roštů a obvodových dřevěných desek je přibližně 50 kg. Moment jsem spočítal pro dvě varianty, kdy je hmotnost matrací 30 kg a pro hmotnost matrací 10 kg. Celková minimální váha postele je tedy $m_{\text{MIN}} = 60$ kg a maximální váha postele $m_{\text{MAX}} = 80$ kg. Polohu těžiště postele jsem odměřil v programu Autodesk Inventor pro oba dva případy.



Obr. 3.1 Rám postele s rošty, obvodovými deskami a lůžkovinami

Maximální tíha postele:

$$F_{\text{QMAX}} = m_{\text{MAX}} \cdot g = 80 \cdot 9.81 = 785 \text{ N} \quad (3.1)$$

Minimální tíha postele:

$$F_{\text{QMIN}} = m_{\text{MIN}} \cdot g = 60 \cdot 9.81 = 589 \text{ N} \quad (3.2)$$

$a_{\text{MAX}} = 727,5 \text{ mm}$

$a_{\text{MIN}} = 694 \text{ mm}$

$b_{\text{MAX}} = 110 \text{ mm}$

$b_{\text{MIN}} = 84 \text{ mm}$

$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

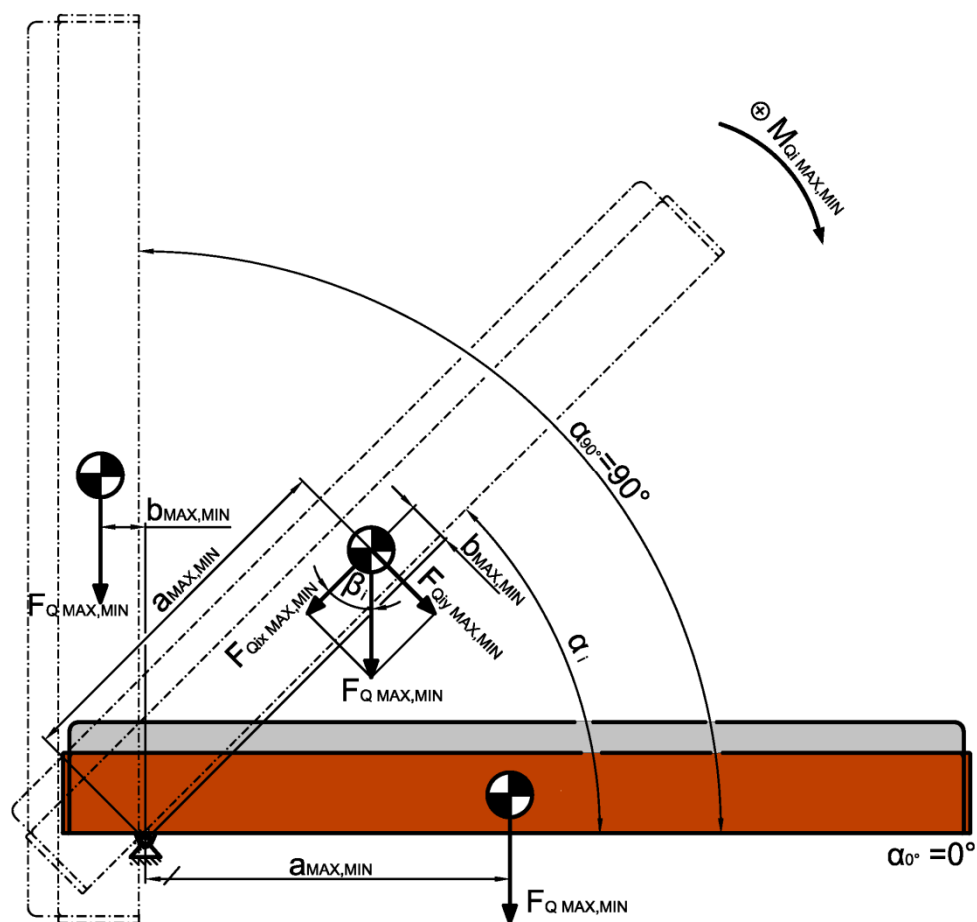
maximální vzdálenost těžiště

minimální vzdálenost těžiště

maximální výška těžiště

minimální výška těžiště

gravitační zrychlení



Obr. 3.2 Úhel sklopení postele α

Výpočet momentů od tíhy postele při $\alpha = 0^\circ$:

$$M_{Q0^\circ \text{ MAX}} = F_{Q \text{ MAX}} \cdot a_{\text{MAX}} = 785 \cdot 727,5 = 571\,088 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.3)$$

$$M_{Q0^\circ \text{ MIN}} = F_{Q \text{ MIN}} \cdot a_{\text{MIN}} = 589 \cdot 694 = 408\,766 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.4)$$

Výpočet momentů od tíhy postele pro úhel $\alpha = 20^\circ$:

$$M_{Q20^\circ \text{MAX}} = F_{Q\text{MAX}} \cdot \sin 70^\circ \cdot a_{\text{MAX}} - F_{Q\text{MAX}} \cdot \cos 70^\circ \cdot b_{\text{MAX}} \quad (3.5)$$

$$M_{Q20^\circ \text{MAX}} = 785 \cdot 0,94 \cdot 727,5 - 785 \cdot 0,342 \cdot 110 = 507\,291 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{Q20^\circ \text{MIN}} = F_{Q\text{MIN}} \cdot \sin 70^\circ \cdot a_{\text{MIN}} - F_{Q\text{MIN}} \cdot \cos 70^\circ \cdot b_{\text{MIN}} \quad (3.6)$$

$$M_{Q20^\circ \text{MIN}} = 589 \cdot 0,94 \cdot 694 - 589 \cdot 0,342 \cdot 84 = 367\,319 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu od tíhy postele pro úhel $\alpha = 45^\circ$:

$$M_{Q45^\circ \text{MAX}} = F_{Q\text{MAX}} \cdot \sin 45^\circ \cdot a_{\text{MAX}} - F_{Q\text{MAX}} \cdot \cos 45^\circ \cdot b_{\text{MAX}} \quad (3.7)$$

$$M_{Q45^\circ \text{MAX}} = 785 \cdot 0,707 \cdot 727,5 - 785 \cdot 0,707 \cdot 110 = 342\,709 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{Q45^\circ \text{MIN}} = F_{Q\text{MIN}} \cdot \sin 45^\circ \cdot a_{\text{MIN}} - F_{Q\text{MIN}} \cdot \cos 45^\circ \cdot b_{\text{MIN}} \quad (3.8)$$

$$M_{Q45^\circ \text{MIN}} = 589 \cdot 0,707 \cdot 694 - 589 \cdot 0,707 \cdot 84 = 279\,770 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu od tíhy postele pro úhel $\alpha = 70^\circ$:

$$M_{Q70^\circ \text{MAX}} = F_{Q\text{MAX}} \cdot \sin 20^\circ \cdot a_{\text{MAX}} - F_{Q\text{MAX}} \cdot \cos 20^\circ \cdot b_{\text{MAX}} \quad (3.10)$$

$$M_{Q70^\circ \text{MAX}} = 785 \cdot 0,342 \cdot 727,5 - 785 \cdot 0,94 \cdot 110 = 114\,143 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{Q70^\circ \text{MIN}} = F_{Q\text{MIN}} \cdot \sin 20^\circ \cdot a_{\text{MIN}} - F_{Q\text{MIN}} \cdot \cos 20^\circ \cdot b_{\text{MIN}} \quad (3.11)$$

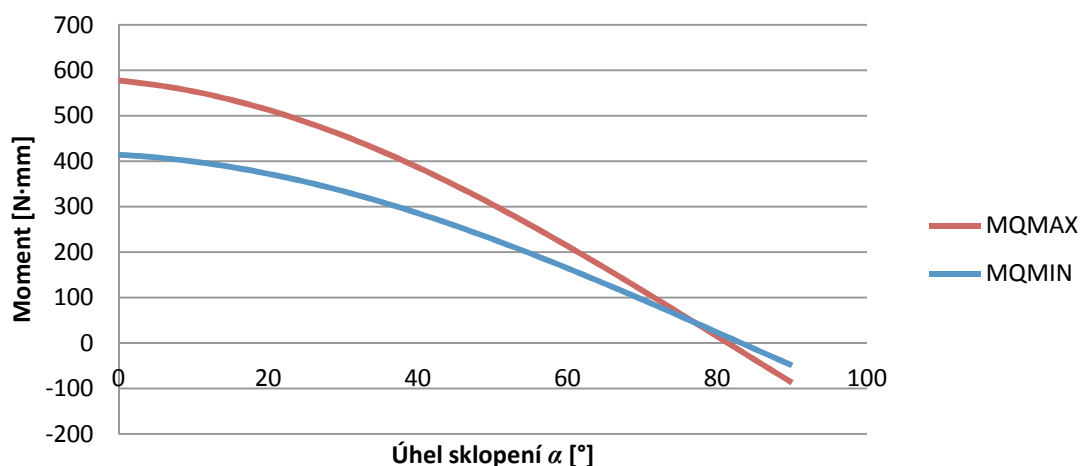
$$M_{Q70^\circ \text{MIN}} = 589 \cdot 0,342 \cdot 694 - 589 \cdot 0,94 \cdot 84 = 93\,291 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu od tíhy postele pro úhel $\alpha = 90^\circ$:

$$M_{Q90^\circ \text{MAX}} = F_{Q\text{MAX}} \cdot b_{\text{MAX}} = -785 \cdot 110 = -86\,350 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.12)$$

$$M_{Q90^\circ \text{MIN}} = F_{Q\text{MIN}} \cdot b_{\text{MIN}} = -589 \cdot 84 = -49\,476 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.13)$$

Momenty pro zbytek úhlů jsem spočítal ve výpočetním programu pro/Engineer a vložil do přílohy D.

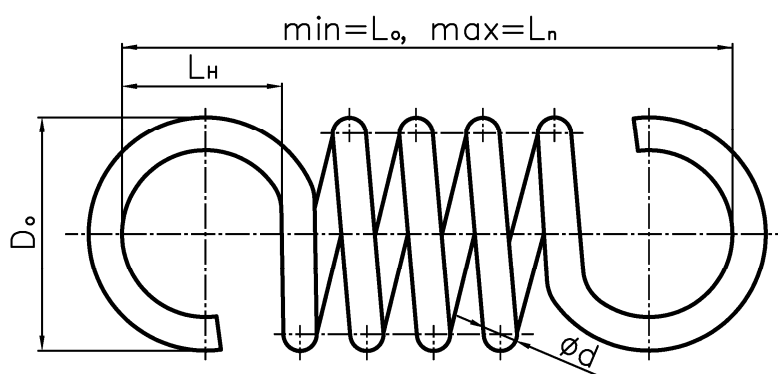


Graf 3.1 Průběh max. a min. momentu od tíhy postele

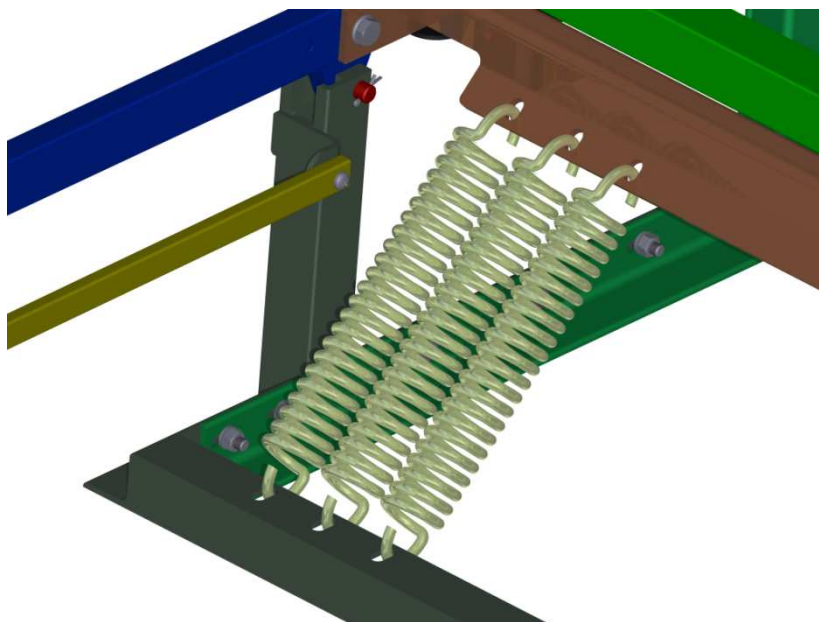
3.2 Volba a výpočet pružin

Pružiny budou vyvažovat moment tíhy postele během celého úhlu sklopení α . Pro tento účel jsem zvolil pružiny z katalogu firmy Hennlich Industrietechnik [7]. Pružiny jsou uchyceny přes táhlo pružin za rám postele a druhým koncem k rámu kotvícímu k zemi.

$D_0 = 42 \text{ mm}$	průměr pružiny
$L_H = 22,4 \text{ mm}$	velikost oka pružiny
$L_n = 289,4 \text{ mm}$	maximální délka pružiny
$L_0 = 217,2 \text{ mm}$	minimální délka pružiny
$R = 24,31 \text{ N/mm}$	tuhost pružiny
$d_d = 7 \text{ mm}$	průměr drátu



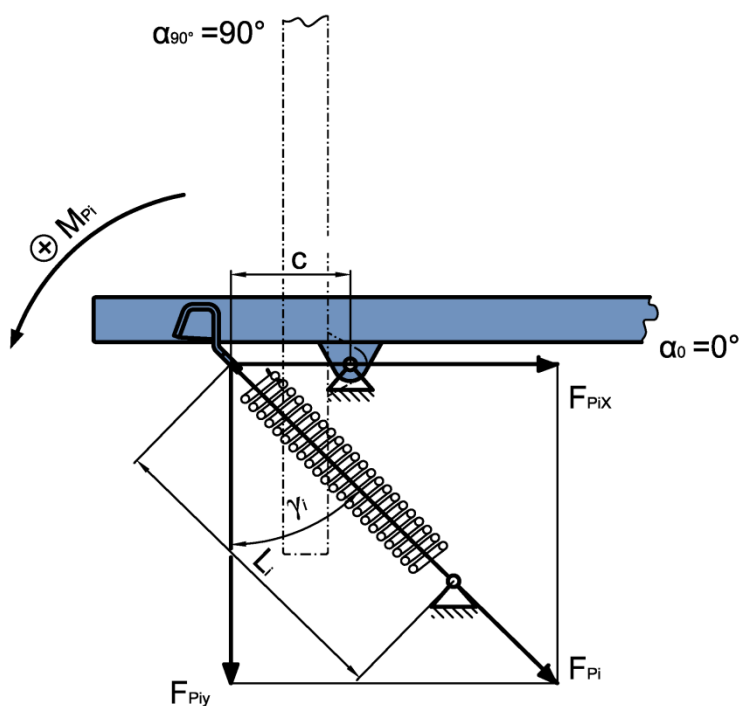
Obr. 3.3 Tažná pružina



Obr. 3.4 Princip uchycení pružin

Na velikost momentu vzniklého od působení zvolené pružiny mají vliv tři parametry:

- velikost prodloužení pružiny během sklápění (vliv tuhosti)
- úhel pod, kterým pružina působí na rám postele
- počet pružin



Obr. 3.5 Schéma působení pružin na rám postele

Síla pružiny:

$$F_{Pi} = R \cdot L_i$$

Výpočet momentu pružin:

$$M_{Pi} = F_{Pi} \cdot \cos \gamma_i \cdot R \cdot N_P \quad (3.14)$$

$N_P = 12$	počet pružin
$c = 40 \text{ mm}$	rameno působení pružin
γ	úhel působení pružin na postel

Výpočet momentu pružin při $\alpha = 0^\circ$:

$$M_{P0^\circ} = F_{P0^\circ} \cdot \cos \gamma_{0^\circ} \cdot c \cdot N_P = R \cdot L_{0^\circ} \cdot \cos \gamma_{0^\circ} \cdot c \cdot N_P \quad (3.15)$$

$$M_{P0^\circ} = 24,31 \cdot 55,3 \cdot \cos 45,5^\circ \cdot 40 \cdot 12 = 451\,482 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu pružin při $\alpha = 20^\circ$:

$$M_{P20^\circ} = F_{P20^\circ} \cdot \cos \gamma_{45^\circ} \cdot c \cdot N_P = R \cdot L_{20^\circ} \cdot \cos \gamma_{20^\circ} \cdot c \cdot N_P \quad (3.16)$$

$$M_{P20^\circ} = 24,31 \cdot 42,9 \cdot \cos 26,45^\circ \cdot 40 \cdot 12 = 448\,191 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu pružin při $\alpha = 45^\circ$:

$$M_{P45^\circ} = F_{P45^\circ} \cdot \cos \gamma_{45^\circ} \cdot c \cdot N_P = R \cdot L_{45^\circ} \cdot \cos \gamma_{45^\circ} \cdot c \cdot N_P \quad (3.17)$$

$$M_{P45^\circ} = 24,31 \cdot 26,1 \cdot \cos 2,45^\circ \cdot 40 \cdot 12 = 304\,277 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

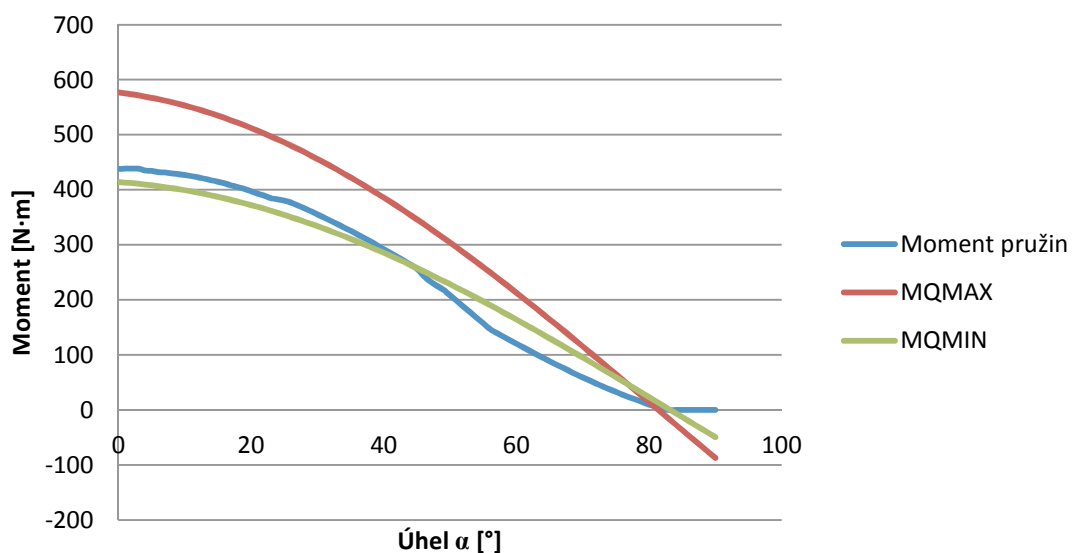
Výpočet momentu pružin při $\alpha = 70^\circ$:

$$M_{P70^\circ} = F_{P70^\circ} \cdot \cos \gamma_{70^\circ} \cdot c \cdot N_P = R \cdot L_{70^\circ} \cdot \cos \gamma_{70^\circ} \cdot c \cdot N_P \quad (3.18)$$

$$M_{P70^\circ} = 24,31 \cdot 6,66 \cdot \cos 23,36^\circ \cdot 40 \cdot 12 = 71\,344 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu pružin při $\alpha = 90^\circ$:

$$L_{90^\circ} = 0 \rightarrow M_{P90^\circ} = 0 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.19)$$



Graf 3.2 Porovnání momentu pružin s momentem zátěže

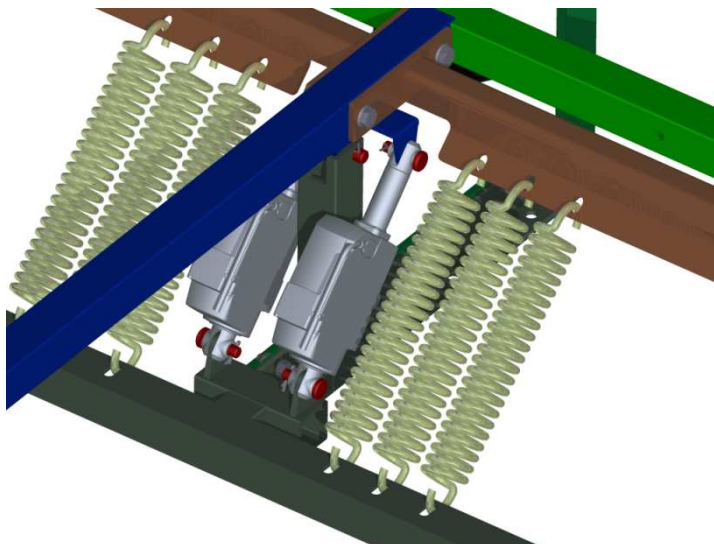
Z grafu 3.2 jde vidět, že moment pružin přibližně vyvažuje pasivní moment od hmotnosti postele.

3.3 Volba a výpočet lineárních aktuátorů

Pro ovládání zvedání postele volím pohon LA23 od firmy Linak. Tento pohon je malý a silný aktuátor, vyvolující sílu $F_A = 2500$ N v tahu či tlaku. Lze je použít v různých aplikacích, kde je limitujícím faktorem velikost pohonu. Počet aktuátorů jsem zvolil $N_A = 2$ ks.



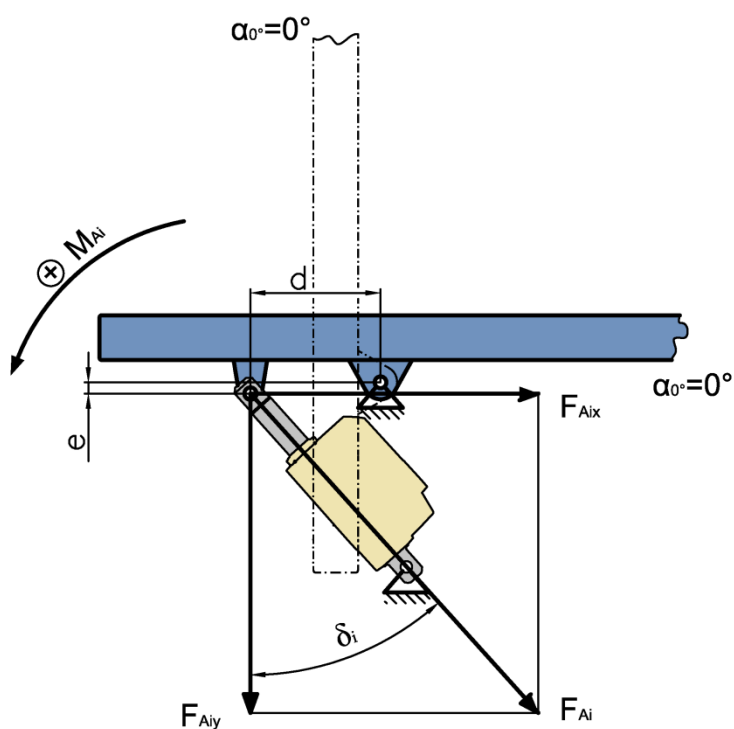
Obr. 3.6 Lineární akumulátor LA23 firmy Linak [8]



Obr. 3.7 Lineární aktuátory pro ovládání postele

Výpočet momentu vyvinutým aktuátory

Pro ovládání postele jsem počet aktuátorů $N_A = 2$.



Obr. 3.8 Schéma působení akumulátoru na rám postele

δ

$d = 35 \text{ mm}$

$e = 10 \text{ mm}$

úhel působení síly ak. na rám
rameno momentu ak. v ose x
rameno momentu ak. v ose y

Výpočet momentu vyvinutým akumulátory:

$$M_{Ai} = (F_{Aiy} \cdot d + F_{Aix} \cdot e) \cdot N_A \quad (3.20)$$

$$F_{Aiy} = F_A \cdot \cos\gamma_i$$

$$F_{Aix} = F_A \cdot \sin\gamma_i$$

$$F_{Ai} = F_{Aiy} + F_{Aix}$$

Výpočet momentu akumulátorů při $\alpha = 0^\circ$:

$$M_{A0^\circ} = (F_A \cdot \cos\delta_{0^\circ} \cdot d + F_A \cdot \sin\delta_{0^\circ} \cdot e) \cdot N_A \quad (3.21)$$

$$M_{A0^\circ} = (2500 \cdot \cos 42^\circ \cdot 35 + 2500 \cdot \sin 42^\circ \cdot 10) \cdot 2 = 163\,507 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu akumulátorů při $\alpha = 20^\circ$:

$$M_{A20^\circ} = (F_A \cdot \cos\delta_{20^\circ} \cdot d + F_A \cdot \sin\delta_{20^\circ} \cdot e) \cdot N_A \quad (3.22)$$

$$M_{A20^\circ} = (2500 \cdot \cos 22^\circ \cdot 35 + 2500 \cdot \sin 22^\circ \cdot 10) \cdot 2 = 180\,987 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu akumulátorů při $\alpha = 45^\circ$:

$$M_{A45^\circ} = (F_A \cdot \cos\delta_{45^\circ} \cdot d + F_A \cdot \sin\delta_{45^\circ} \cdot e) \cdot N_A \quad (3.23)$$

$$M_{A45^\circ} = (F_A (2500 \cdot \cos 3^\circ \cdot 35 + 2500 \cdot \sin 3^\circ \cdot 10)) \cdot 2 = 177\,377 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu akumulátorů při $\alpha = 70^\circ$:

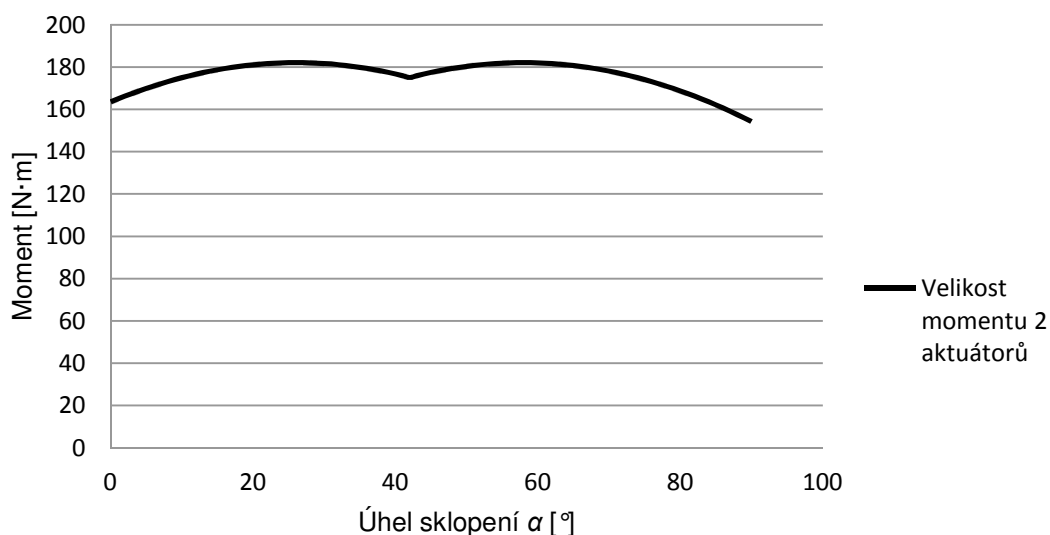
$$M_{A70^\circ} = (F_A \cdot \cos\delta_{70^\circ} \cdot d + F_A \cdot \sin\delta_{70^\circ} \cdot e) \cdot N_A \quad (3.24)$$

$$M_{A70^\circ} = (2500 \cdot \cos 28^\circ \cdot 35 + 2500 \cdot \sin 28^\circ \cdot 10) \cdot 2 = 177\,989 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet momentu akumulátorů při $\alpha = 90^\circ$:

$$M_{A90^\circ} = (F_A \cdot \cos\delta_{90^\circ} \cdot d + F_A \cdot \sin\delta_{90^\circ} \cdot e) \cdot N_A \quad (3.25)$$

$$M_{A90^\circ} = (2500 \cdot \cos 48^\circ \cdot 35 + 2500 \cdot \sin 48^\circ \cdot 10) \cdot 2 = 154\,255 \text{ N} \cdot \text{mm}$$



Graf 3.3 Moment od působení dvou aktuátorů

3.4 Shrnutí kinematiky postele

V této kapitole jsem odečetl od pasivního momentu hmotnosti postele aktivní moment pružin. Tím jsem získal konečný moment působící na oba aktuátory. Výsledek jsem vynesl do grafu 3.4.

Výsledný moment působící na aktuátory:

$$M_{ViMAX} = M_{QiMAX} - M_{Pi}$$

$$M_{ViMIN} = M_{QiMIN} - M_{Pi}$$

Výsledný moment působící na aktuátory při $\alpha = 0^\circ$:

$$M_{V0^\circ MAX} = M_{Q0^\circ MAX} - M_{P0^\circ} = 581\,350 - 451\,482 = 129\,868 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.26)$$

$$M_{V0^\circ MIN} = M_{Q0^\circ MIN} - M_{P0^\circ} = 419\,338 - 451\,482 = -32\,444 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výsledný moment působící na aktuátory při $\alpha = 20^\circ$:

$$M_{V20^\circ MAX} = M_{Q20^\circ MAX} - M_{P20^\circ} = 517\,033 - 448\,191 = 68\,842 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.27)$$

$$M_{V20^\circ MIN} = M_{Q20^\circ MIN} - M_{P20^\circ} = 377\,271 - 448\,191 = -70\,920 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výsledný moment působící na aktuátory při $\alpha = 45^\circ$:

$$M_{V45^\circ MAX} = M_{Q45^\circ MAX} - M_{P45^\circ} = 350\,163 - 304\,277 = 45\,886 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.28)$$

$$M_{V45^\circ MIN} = M_{Q45^\circ MIN} - 45 = 261\,631 - 304\,277 = -42\,646 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výsledný moment působící na aktuátory při $\alpha = 70^\circ$:

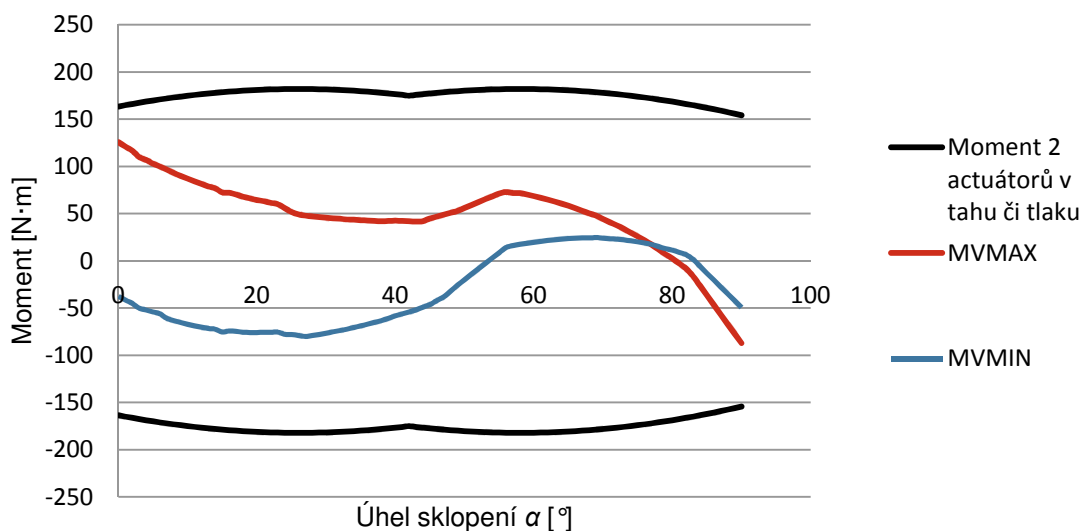
$$M_{V70^\circ\text{MAX}} = M_{Q70^\circ\text{MAX}} - M_{P70^\circ} = 117\,916 - 71\,344 = 46\,572 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.29)$$

$$M_{V70^\circ\text{MIN}} = M_{Q70^\circ\text{MIN}} - M_{P70^\circ} = 97\,143 - 71\,344 = 25\,799 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výsledný moment působící na aktuátory při $\alpha = 90^\circ$:

$$M_{V90^\circ\text{MAX}} = M_{Q90^\circ\text{MAX}} - M_{P90^\circ} = -86\,070 - 0 = -86\,070 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3.30)$$

$$M_{V90^\circ\text{MIN}} = M_{Q90^\circ\text{MIN}} - M_{P90^\circ} = -49\,192 - 0 = -49\,192 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

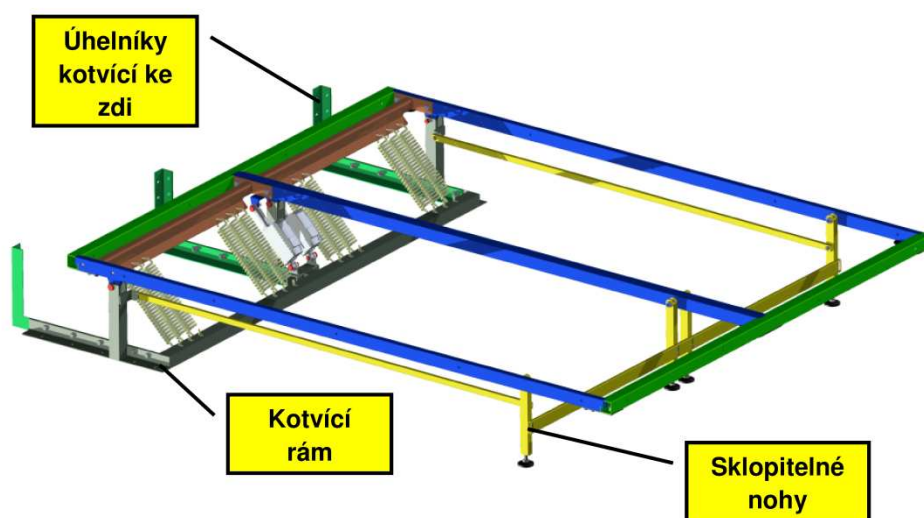


Graf 3.4 Porovnání výsledných momentů s momentem aktuátorů

Z grafu 3.4 vyplývá, že moment aktuátorů je větší v tahu i tlaku než výsledný moment.

4. Sklopitelné nohy, kotvící rám, úhelníky kotvící ke zdi a příslušenství

V této kapitole jsem popsal zbývající komponenty postele.

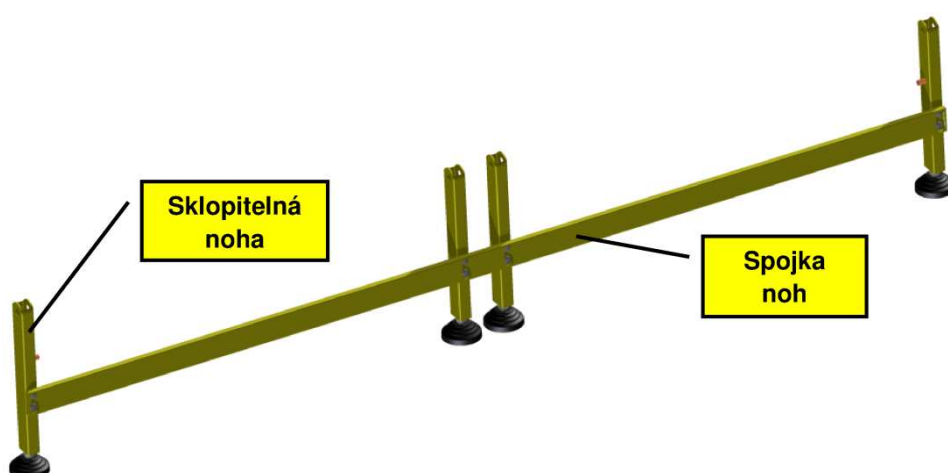


Obr. 4.1 Zbývající komponenty postele

4.1 Sklopitelné nohy

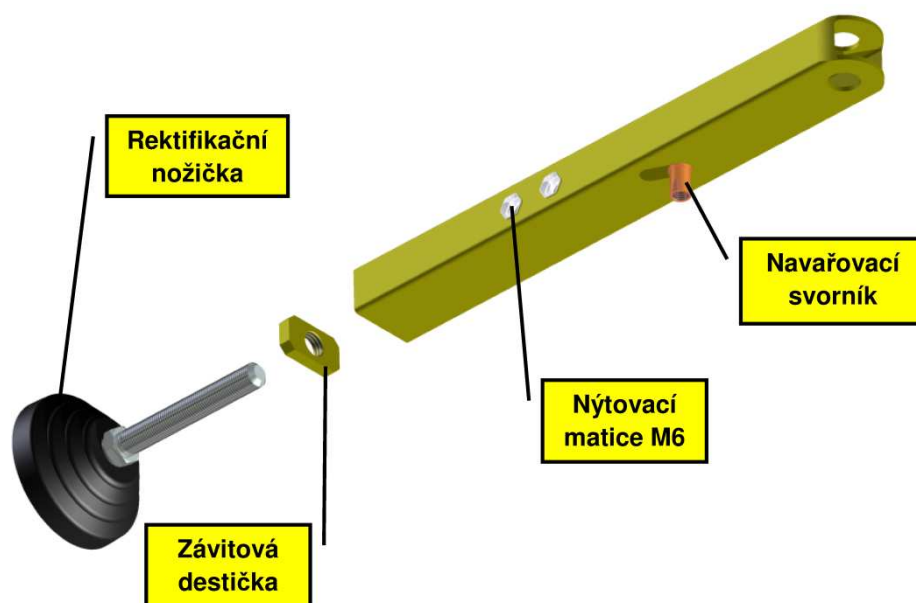
Nohy jsou uchyceny k rámu postele pomocí čepů, které jsou navařeny na profilech. Při úhlu $\alpha=0^\circ$ jsou nohy sklopené ve funkční poloze kolmo k podlaze. Sklopením postele do vertikální polohy se nohy souběžně sklopí pomocí táhla.

Doraz dosednutí postele je možno rektifikovat pomocí nastavitelných nožiček, které jsou našroubovány do závitové destičky navařené v profilu nohy. Nožičky jsem zvolil od firmy elesa+GANTER [14]. Skládají se z kloubového nastavovacího šroubu M10 a protiskluzové podložky.



Obr. 4.2 Sklopitelné nohy postele

Táhlo sklopitelných noh je otočně uchyceno k vnějším nohám a kotvicímu rámu pomocí navařovacího svorníku s vnitřním závitem M6 a zajištěny šroubem s podložkou.



Obr. 4.3 Sklopitelná noha



Obr. 4.4 Noha na čepu

4.2 Kotvící rám a lišty kotvící ke zdi

Kotvící rám slouží k uchycení postele k podlaze. Jsou na něm také upevněny lineární aktuátory a rám postele pomocí čepů. Dále jsou k němu zaháknuty pružiny. Kotvící rám je oproti rámu postele celý svařovaný.



Obr. 4.5 Kotvící rám

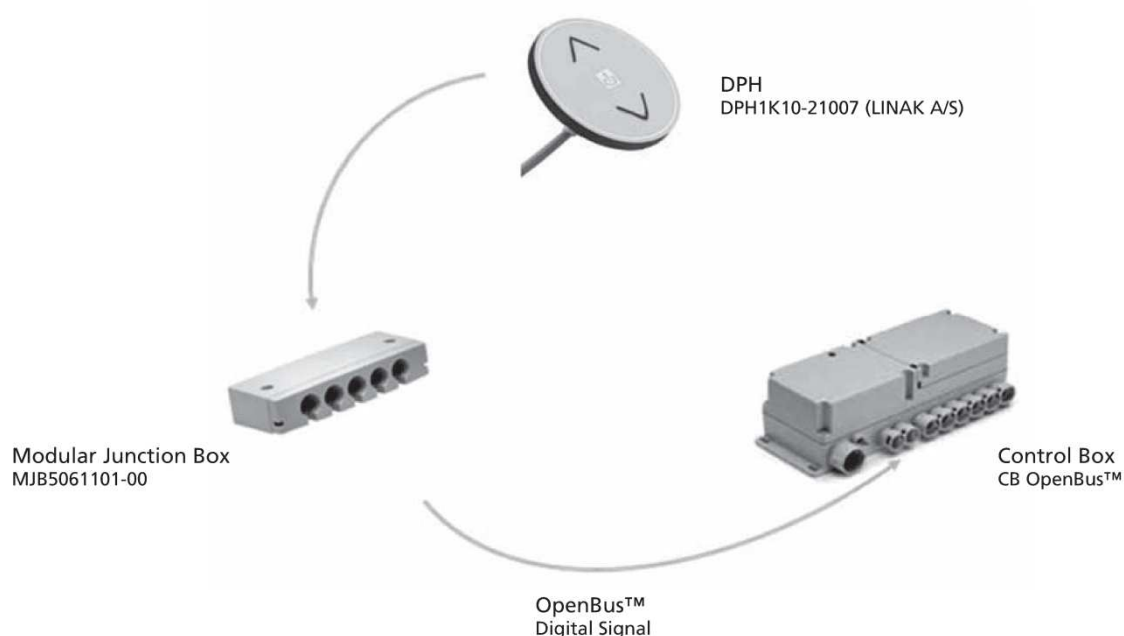
Sklopnou postel je možno při montáži také připevnit ke zdi. K tomu slouží zvlášť určené úhelníky.



Obr. 4.6 Úhelníky kotvící ke zdi

4.3 Příslušenství lineárního aktuátoru

Sklopná postel se ovládá pomocí tlačítkového ovladače DPH. Modulární brána MJB umožňuje připojení více ručních ovladačů nebo ovládacích panelů. Může být také použit jako řídicí modul pro externí zařízení jiných výrobců, například detekce opuštění lůžka, USB nabíječky, podsvícení postele a dalších. Kontrolboxy slouží jako řídicí jednotka pro lineární aktuátory. Svými vlastnostmi zaručují bezchybný a přesný chod aktuátorů a umožňují připojení rozšiřujícího příslušenství.

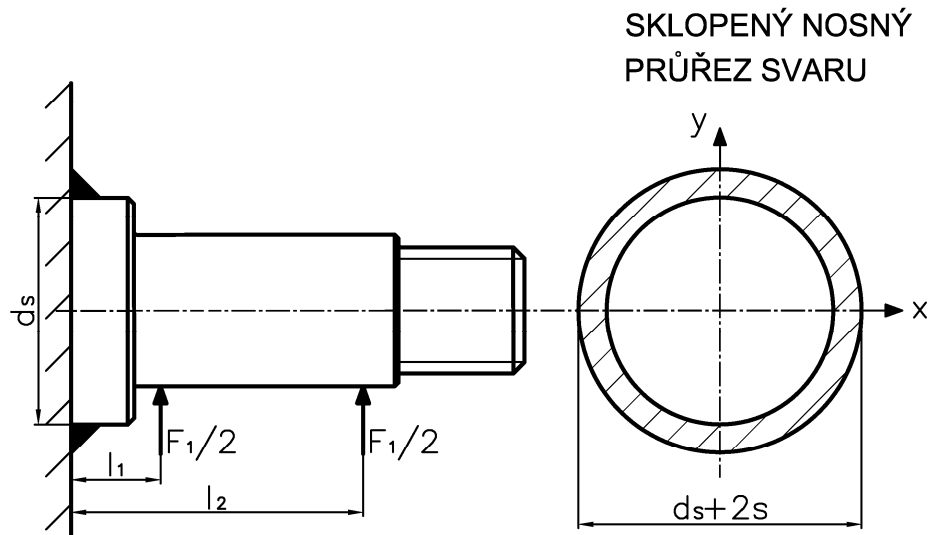


Obr. 4.7 Schéma ovládání postele [9]

5. Výpočet čepů

5.1 Výpočet svaru čepu nohy

Jedná se o čepy navařené na podélné profily rámu. Materiál čepu jsem zvolil 11 373.0.



Obr. 5.1 Čep nohy svar

$$F_1 = 800 \text{ N}$$

síla působící na svar čepu nohy

$$Re_{11\ 373.0} = 186 \text{ MPa} \quad [2]$$

mez kluzu materiálu

$$d_s = 18 \text{ mm}$$

průměr čepu v místě svaru

$$k_3 = 0,9 \quad [1]$$

převodní součinitel svaru

$$l_1 = 6,5 \text{ mm}$$

vzdálenost síly od místa svaru

$$l_2 = 24,5 \text{ mm}$$

vzdálenost síly od místa svaru

$$s = 3 \text{ mm} \quad [1]$$

velikost svaru

$$\beta = 1 \quad [1]$$

koeficient

Napětí ve svaru od smyku:

$$\tau_{\perp}^{F_1} = \frac{F_1}{S_{sv}} = \frac{F_1}{\frac{\pi}{4} \cdot [(d_s + 2 \cdot s)^2 - d_s^2]} \quad (5.1)$$

$$\tau_{\perp}^{F_1} = \frac{800}{\frac{\pi}{4} \cdot [(18 + 2 \cdot 3)^2 - 18^2]} = 4 \text{ MPa}$$

Napětí ve svaru od ohybového momentu:

$$\tau_{\perp}^{M_{O1}} = \frac{M_O}{W_{OSV}} = \frac{\frac{F_1}{2} \cdot l_1 + \frac{F_1}{2} \cdot l_2}{\frac{J_{xSV}}{\frac{d_S}{2} + s}} = \frac{\frac{F_1}{2} \cdot l_1 + \frac{F_1}{2} \cdot l_2}{\frac{\pi}{64} \cdot [(d_S + 2 \cdot s)^4 - d_S^4]} \quad (5.2)$$

$$\tau_{\perp}^{M_{O1}} = \frac{\frac{800}{2} \cdot 6,5 + \frac{800}{2} \cdot 24,5}{\frac{\pi}{64} \cdot [(18 + 2 \cdot 3)^4 - 18^4]} = 13,4 \text{ MPa}$$

Redukované napětí ve svaru:

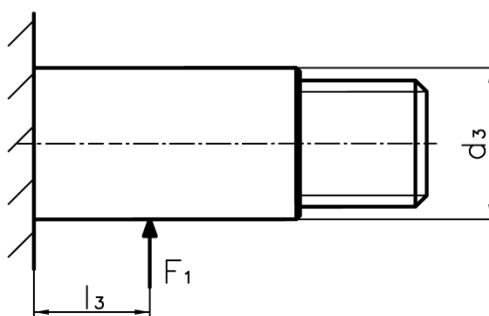
$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}^{M_{O1}}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\perp}^{F_1}}{k_3}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_s} \quad (5.3)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{13,4}{0,9}\right)^2 + \left(\frac{4}{0,9}\right)^2} = 15,5 \text{ MPa} \leq 1 \cdot \frac{186}{2} = 93 \text{ MPa}$$

$$15,5 \text{ MPa} \leq 93 \text{ MPa}$$

⇒ **VYHOVUJE**

5.2 Výpočet čepu nohy na ohyb



Obr. 5.2 Čep nohy na ohyb

$$d_3 = 12 \text{ mm}$$

průměr čepu nohy

$$l_3 = 10,5 \text{ MPa}$$

vzdálenost síly od vetknutí

Ohybové napětí působící na čep:

$$\sigma_O = \frac{M_O}{W_O} = \frac{F_1 \cdot l_3}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{32}} \leq \sigma_{DO} = \frac{R_e}{k_s} \quad (5.4)$$

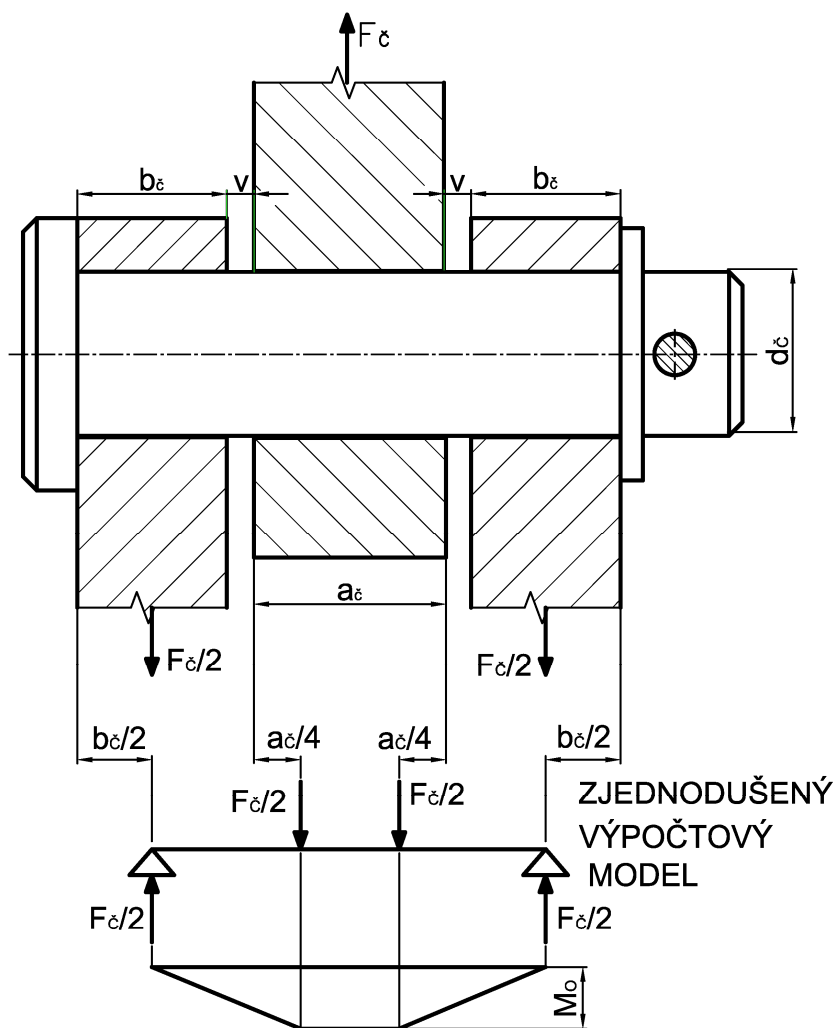
$$\sigma_0 = \frac{800 \cdot 10.5}{\frac{\pi \cdot 12^3}{32}} = 49,5 \text{ MPa} \leq \frac{186}{2} = 93 \text{ MPa}$$

$$49,5 \text{ MPa} \leq 93 \text{ MPa}$$

⇒ **VYHOVUJE**

5.3 Výpočet otočného čepu na ohyb a měrný tlak

Sílu působící na čep jsem spočítal tak, že jsem k síle vyvinuté pružinami v poloze postele $\alpha = 0^\circ$ připočítal mnou zvolené provozní zatížení $F_z = 1\,000 \text{ N}$ a vydělil počtem čepů $N_\zeta = 3$. Pro čep jsem zvolil materiál 11 700, kdy $Re = 345 \text{ MPa}$.



Obr. 5.3 Schéma otočného čepu

$$a_\zeta = 14 \text{ mm}$$

$$b_\zeta = 11 \text{ mm}$$

$$d_\zeta = 12 \text{ mm}$$

šířka oka

šířka stěny

průměr otočného čepu

$$v = 2 \text{ mm}$$

vůle

$$p_d = 120 \text{ MPa}$$

[1]

dovolený měrný tlak

Síla působící na otočný čep:

$$F_{\check{c}} = \frac{R \cdot L_{0^{\circ}} \cdot N_P \cdot F_Z}{N_{\check{c}}} \quad (5.5)$$

$$F_{\check{c}} = \frac{24,31 \cdot 55,3 \cdot 12 + 1000}{3} \cong 5\,700 \text{ N}$$

Ohybové napětí působící na otočný čep:

$$\sigma_{o\check{c}} = \frac{M_O}{W_O} = \frac{\frac{F_{\check{c}}}{2} \cdot \left(\frac{b_{\check{c}}}{2} + v + \frac{a_{\check{c}}}{4} \right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d_{\check{c}}^3} \leq \sigma_{DO} = \frac{R_e}{k_S} \quad (5.6)$$

$$\sigma_{o\check{c}} = \frac{\frac{5\,700}{2} \cdot \left(\frac{11}{2} + 2 + \frac{14}{4} \right)}{\frac{\pi}{32} \cdot 12^3} = 185 \text{ MPa} \leq \sigma_{DO} = \frac{345}{1,5} = 230 \text{ MPa}$$

$$185 \text{ MPa} \leq 230 \text{ MPa}$$

⇒ **VYHOVUJE**

Výpočet čepu na otlačení:

$$p \leq p_d$$

$$\frac{F_{\check{c}}}{a_{\check{c}} \cdot d_{\check{c}}} \leq p_d \quad (5.7)$$

$$\frac{5\,700}{14 \cdot 12} = 34 \text{ MPa} \leq 120 \text{ MPa}$$

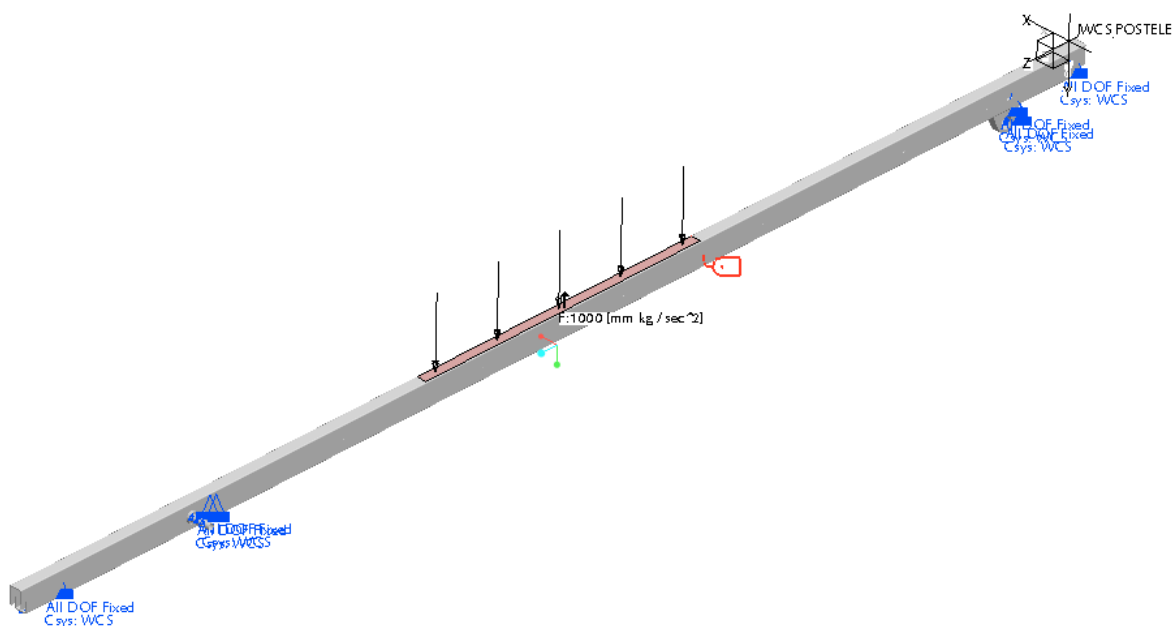
$$34 \text{ MPa} \leq 120 \text{ MPa}$$

⇒ **VYHOVUJE**

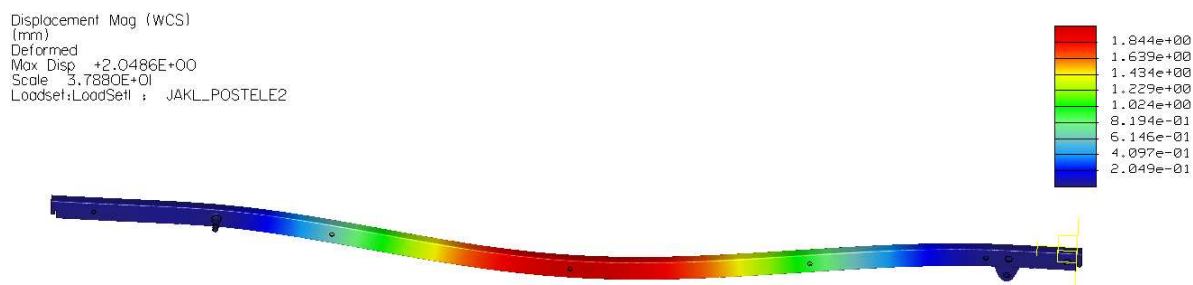
6. Pevnostní výpočet rámu

6.1 Pevnostní analýza bočního profilu rámu

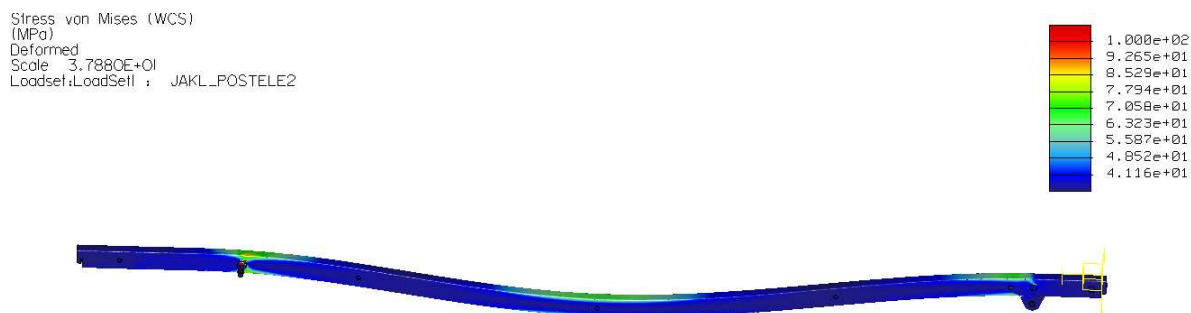
Boční profil 40x20x2 jsem zatížil uprostřed silou 1000 N. Tato síla má simulovat situaci, kdy by si člověk vážil 100 kg sedl na kraj postele. Z pevnostního výpočtu pomocí MKP v programu Pro/ENGINEER jsem spočítal max. průhyb profilu pod zatížením, který je 1,8 mm. Dále jsem spočítal napětí v rámu, které je největší v místě čepu pro nohu rámu a vyšlo kolem 80 MPa. Profil je z oceli 11 373.0, která má $Re_{11\ 373} = 186$ MPa. Ostatní vyšší napětí jsou způsobené singularitou v místě navaření čepu, který jsem spočetl analyticky. Rám postele bude ve skutečnosti zpevněn boční dřevěnou deskou a síla bude rozložena díky lamelovému roštu po celé délce profilu rovnoměrněji. Proto se dá předpokládat, že pevnost profilu je dostatečná.



Obr. 6.1 Zatížení bočního profilu silou



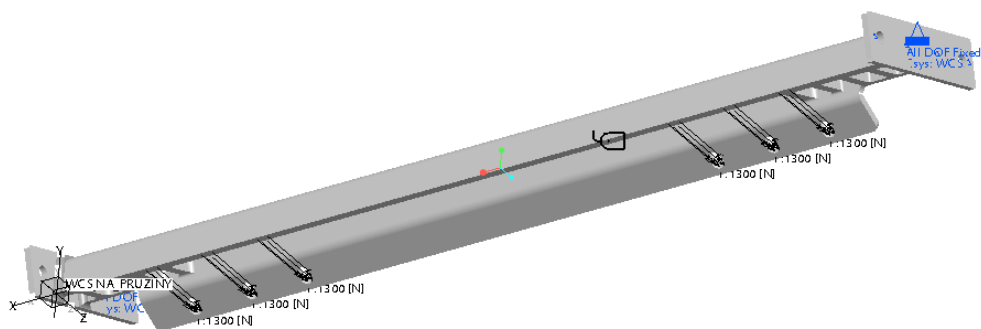
Obr. 6.2 Deformace bočního profilu



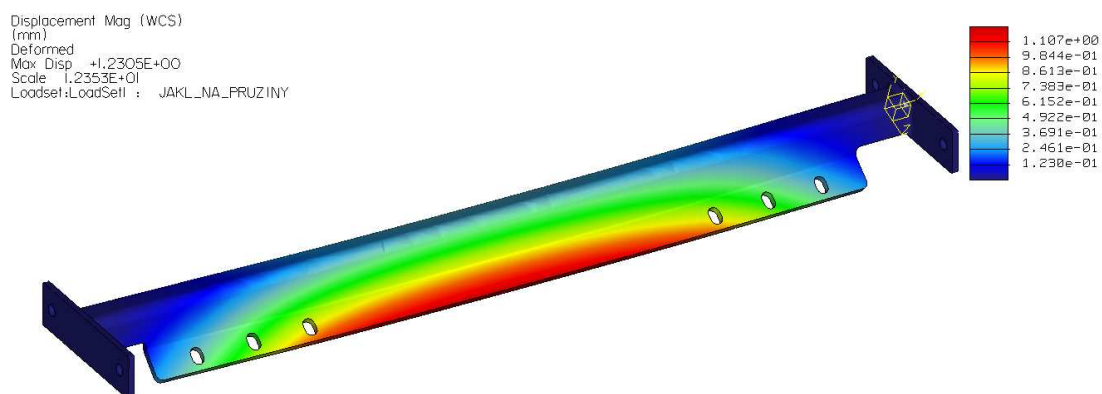
Obr. 6.3 Napětí bočního profilu

6.2 Pevnostní analýza táhla pružin

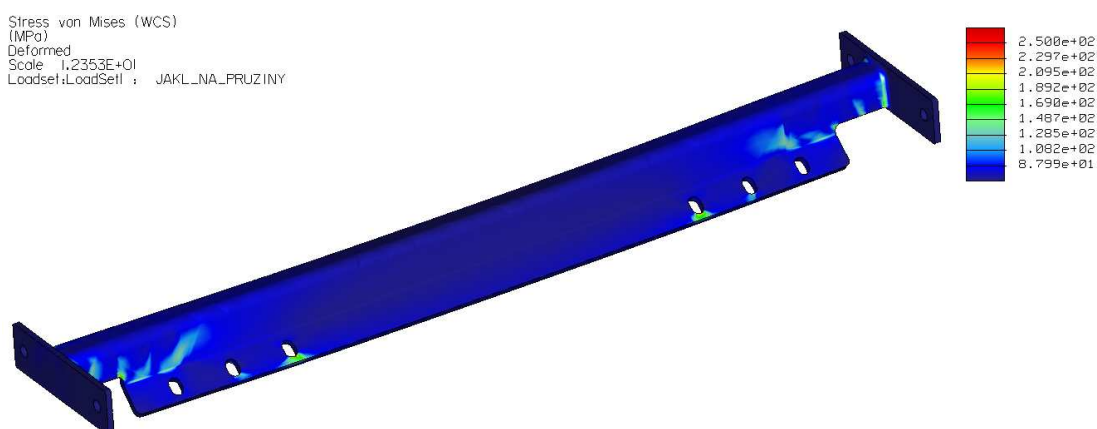
MKP výpočet táhla pro $\alpha = 0^\circ$, kdy působí na něj max. síla pružin. Síla jedné pružiny v této poloze je $F_p \approx 1300$ N. Materiál táhla pružin jsem zvolil 11 523.0, kdy $Re_{11\,523} = 333$ MPa. Napětí se pohybuje do hodnoty 180 MPa. Vyšší hodnoty jsou dané singularitou v místě svaru.



Obr. 6.4 Okrajové podmínky táhla pružin



Obr. 6.5 Deformace táhla pružin



Obr. 6.6 Napětí táhla pružin

7. Závěr

Při návrhu sklopného mechanismu jsem postupoval tak, aby zařízení vyhovovalo požadavkům diplomové práce. Zařízení najde využití tam, kde je kladen důraz na efektivní využití obytného prostoru tím, že se postel sklopí ke zdi v době, kdy se nepoužívá. Postel je sklápěna s pomocí tažných pružin, které vyvažují váhu postele. Řídící funkci zastávají lineární aktuátory.

Rám postele je celý demontovatelný. Je tvořen z příčných a podélných dutých profilů. Jejich konce jsou do sebe zaháknuty jako protikus a stáhnuty přes spojovací plech šrouby M8, které jsou zašroubovány do nýtovacích matic. Po obvodu rámu jsou vypáleny díry, pro uchycení obvodových desek pomocí vratových šroubů. K podélným profilům jsou připevněna dvě táhla pomocí šroubů M10 a zašroubovaných opět do nýtovacích matic. Táhla slouží k natahování pružin, během sklápění postele.

Mechanismus je navržen pro použití matrací s hmotností 10÷30 kg. Velikost ložného prostoru je 160x200 cm.

Pružiny jsem vybral z katalogu firmy HENNLICH INDUSTRIETECHNIK. Počet pružin jsem zvolil $N_p = 12$. Parametry pružin jsou průměr pružiny $D_0 = 42$ mm, maximální délka pružiny $L_n = 289,4$ mm, minimální délka pružiny $L_0 = 217,2$ mm, tuhost pružiny $R = 24,31$ N/mm a průměr drátu $d_p = 7$ mm.

Největší provozní délka pružin je při dosednutí postele na podlahu $L = 55,3$ mm.

Pro řízení sklápění postele jsem zvolil dva lineární aktuátory LA23 firmy LINAK. Tento aktuátor je schopný vyvinout sílu $F_A = 2500$ N v tahu či tlaku. Firma LINAK dodává ovladače a kontrolboxy, pomocí kterých lze ovládat a regulovat rychlost sklápění postele.

Nohy postele jsou uchyceny k rámu postele pomocí čepů, které jsou navařeny na podélných profilech rámu. Sklopením postele ke zdi se nohy automaticky sklopí k rámu. K nastavení dorazu dosednutí či jsou určeny rektifikační nožičky s protiskluzovou podložkou.

Hlavním nosným prvkem je rám kotvící k zemi. Jsou k němu připevněny aktuátory a rám postele pomocí čepů. Dále jsou k němu uchyceny tažné pružiny. Kotvící rám umožňuje kotvení k zemi a je celý svařovaný.

Kotvení ke zdi je umožněno pomocí kotvicím úhelníků, které jsou přišroubovány ke kotvicímu rámu. Při vrtání děr pro svorníky by měl brán ohled na rozvod elektřiny. V případě, že je zeď pouze příčka ze sádkartonu se upřednostňuje pouze kotvení do podlahy.

Navrhl jsem zařízení odpovídající zadání diplomové práce, které se vyznačuje snadnou montáží, demontáží a uživatelskou příjemností.

Seznam použité literatury:

- [1] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [2] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Praha: ALBRA, 2003. ISBN 80-86490-74-2.
- [3] Detaily výklopných mechanismů. *KZK spol. s.r.o.* [online]. ©2012 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.sklapicipostel.cz/cz/p/detaily-vyklopnych-mechanismu/>
- [4] HISTORY MURPHY BED. *Murphy Bed Company* [online]. ©2012 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.murphybedcompany.com/home.php>
- [5] Charlie vs. the Murphy bed, ONE A.M. (1916). *Chaplin In Pictures* [online]. [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://chaplininpictures.tumblr.com/post/9480618478/charlie-vs-the-murphy-bed-one-a-m-1916>
- [6] Katalog nýtovacích matic. *SIMAF s.r.o.* [online]. ©2008 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: http://simaf.cz/public/upload/files/9_5_nytovaci_matice.pdf
- [7] Katalog tažných pružin. *Hennlich Industrietechnik, spol. s r.o.* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: http://www.hennlich.cz/uploads/cz_Ta%C5%BEn%C3%A9_pru%C5%BEny_-_tabulky_patent_4_0-8_0.pdf
- [8] LINAK LA23 actuator. *Ferret* [online]. ©2000 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.ferret.com.au/c/LINAK-Australia/Precise-positioning-increased-safety-and-multipurpose-usage-with-the-new-LINAK-LA23-actuators-n911475>
- [9] LINEAR ACTUATORS AND ELECTRONICS. *LINAK* [online]. ©2012 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: http://www.linak.cz/corporate/pdf/ENGLISH/USER%20MANUAL/LINAK_Linear%20Actuators%20and%20Electronics_User%20Manual_Eng.pdf
- [10] Mechanism. *Murphy Wall Bed LTD* [online]. © 2004 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.murphybedsvancouver.com/multidata/201102251610354301419.jpg>

- [11] Murphy bed. *Liquidaxion* [online]. © 2009 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://liquidaxion.com/en/products/bed/murphy/905236.html>
- [12] Murphy bed. *North County Times* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: http://www.nctimes.com/lifestyles/home-and-garden/article_fc31c579-5787-5965-90f5-d3c0de564023.html
- [13] Murphy wall bed frame gallery. *Modern Home Gallery* [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://grahadesain.com/wp-content/uploads/Murphy-wall-bed-frame-gallery.jpg>
- [14] Polohovací prvky. *Elesa+GANTER* [online]. ©2012 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.elesa-ganter.com/cz/32/icat/produkty/88/polohovaci-nohystavitelne-nohy/>
- [15] RoomMaker Introduction. *FlyingBeds* [online]. ©2011 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.flyingbeds.com/03.sico/RoomMaker-photos/How-RMkr-Wrks.pdf>
- [16] Skříň se sklápěcí postelí. *WOODFACE* [online]. ©2010 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: http://www.woodface.cz/cache/images/do241-postel_resize_650_360.jpg
- [17] Stainless Blind Rivet Nuts. *ALABAMA* [online]. ©1999-2010 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: http://www.alibaba.com/product-gs/471662868/Stainless_Blind_Rivet_Nuts.html
- [18] [online].[cit.2012-05-01].Dostupné z: <http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQxjEKUvjwflrGzzdJS2tBIWYofHRmol6n7ftjUhhIW3RpRb8FebwlbRgNm3g>

Seznam příloh:

Příloha A:

- 3D vizualizace sklopné postele

Příloha B:

- technické parametry nýtovacích matic
- rozměrové parametry nýtovacích matic

Příloha C:

- technické parametry ACTUATOR LA23
- technické parametry CB16-OPENBUS
- technické parametry CONTROP PANEL DPH Medical

Příloha D:

- tabulka s pasivními momenty M_Q pro celý úhel sklopení α z programu Pro/Engineer
- prodloužení pružin L a úhel γ , pod kterým působí na postel
- úhel δ , pod kterým působí aktuátory na postel

Příloha E:

- výkres sestavení DIPL-00
- výrobní výkres sestavení DIPL-05

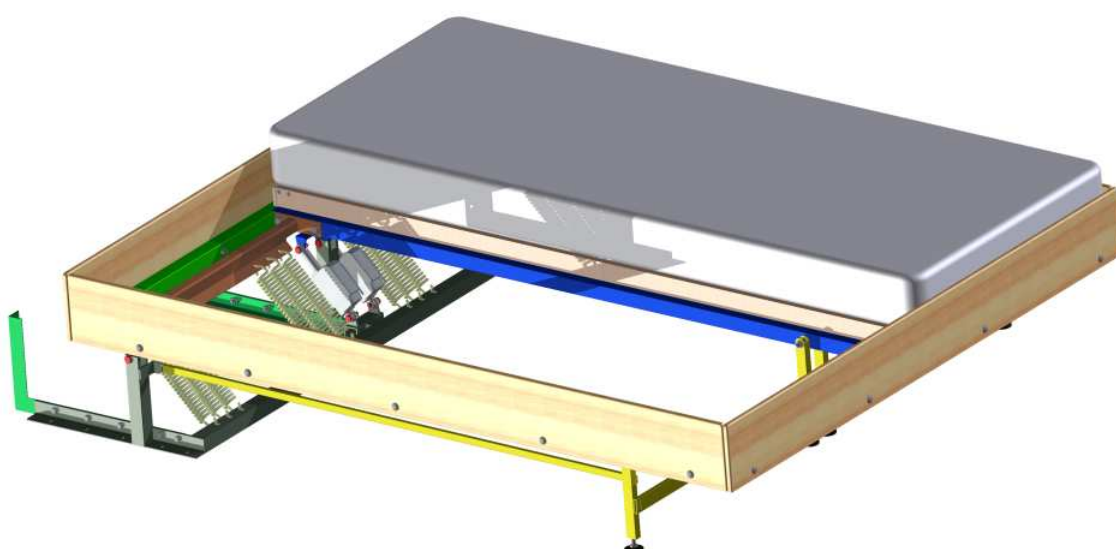
Příloha F:

- přiložené CD s kopií diplomové práce a výkresovou dokumentací

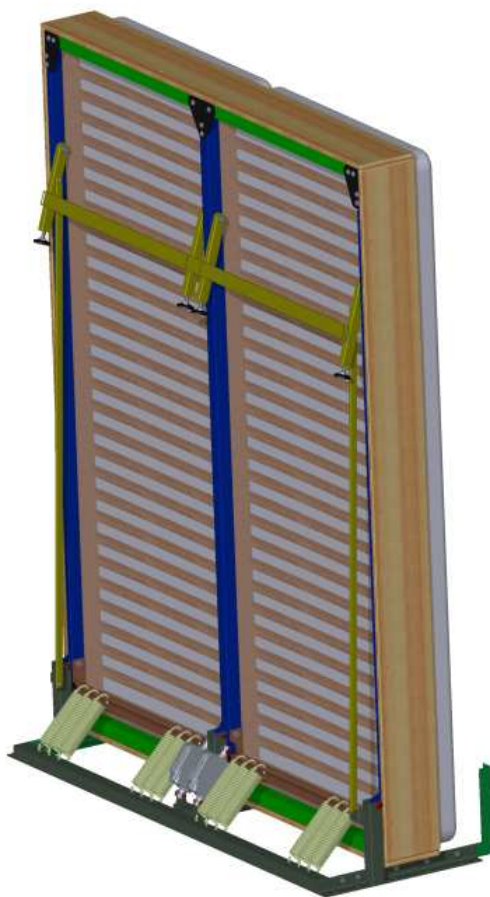
Příloha A:



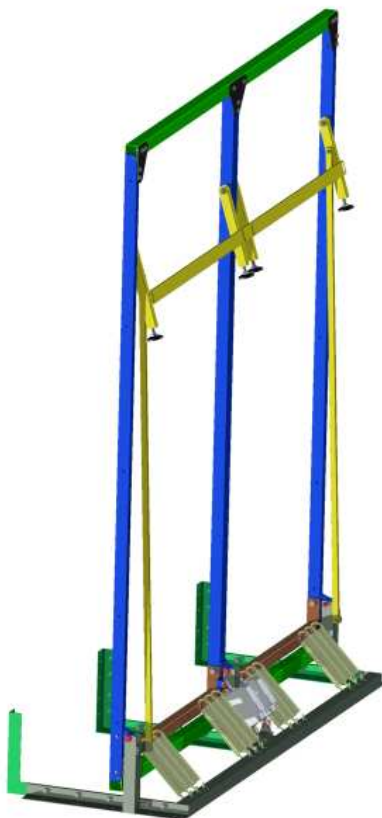
Obr. 1 Postel v horizontální poloze s lůžkovinami



Obr. 2 Postel v horizontální poloze částečně s lůžkovinami



Obr. 3 Postel ve vertikální poloze s lůžkovinami



Obr. 4 Postel ve vertikální poloze bez lůžkovin

Příloha B:

SERBLOC



TECHNICKÉ PARAMETRY

UTAHOVACÍ MOMENT(Nm)			PEVNOST V TAHU(N)		STŘIH(N)	
M	Ocelový SERBLOC	AI SERBLOC	Ocelový SERBLOC	AI SERBLOC	Ocelový SERBLOC	AI SERBLOC
3	2,0	0,6	3 950	2 600	1 900	900
4	5,0	2,0	5 390	4 215	2 845	1 765
5	12,0	4,0	7 740	5 390	4 361	2 595
6	30,0	8,0	10 584	5 880	6 270	2 945
8	51,0	15,0	15 680	7 750	7 250	4 165
10	70,0	16,0	19 110	10 260	7 450	4 560
12	100,0	38,0	32 500	14 360	9 600	7 350

Hodnoty v této tabulce jsou pouze informativní

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabulce jsou získány při zkouškách použitím rozměrově stabilních dílů bez použití šroubu pro fixaci matice.

Poznámka: Měření bylo prováděno na soustružených maticích

UTAHOVACÍ MOMENTY

Je nutno upozornit že všechny testy byly provedeny za použití šroubů s mezním zatížením (R) 2100 N/mm² a mezi pružnosti (E) 1800 N/mm².

Srovnání standardních šroubů z měkké oceli s významně nižšími pevnostními hodnotami R=450 N/mm², E= 250 N/mm² v doporučeném utahovacím momentu (C) a zatížení tahem (T) a zušlechťených ocelových šroubů, R= 1300 N/mm² E= 900 N/mm²

Ø	MĚKKÁ OCEL		ZUŠLECHTĚNÁ OCEL		Ø	MĚKKÁ OCEL		ZUŠLECHTĚNÁ OCEL	
	C (Nm)	T (N)	C (Nm)	T (N)		C (Nm)	T (N)	C (Nm)	T (N)
4	1,2	1 650	4,2	5 900	8	9,3	6 860	33,6	24 700
5	2,5	2 660	8,1	9 600	10	18,7	10 870	67,2	39 150
6	3,9	3 770	14,0	13 600	12	31,8	15 800	114,0	56 900

Uťahovací moment a zatížení tahem šroubů je definováno jako 3/4 meze pružnosti šroubu při koeficientu tření 0,12 za předpokladu dodržení technologie výroby, montáže a lubrikace mazivem. Pro stejnou kategorii šroubů s daným průměrem je zatížení tahem poměrné k utahovacímu momentu. Použijeme-li utahovací moment 20 N/m u šroubu v průměru 10mm z měkké oceli, zatížení tahem bude:

$$\frac{10.870 \times 20}{18.7} = 11.625 \text{ N.}$$

A naopak v případě zjištění kroutícího momentu při zatížení tahem 9 800N:

$$\frac{18.7 \times 9.80}{10.870} = 16.8 \text{ Nm}$$

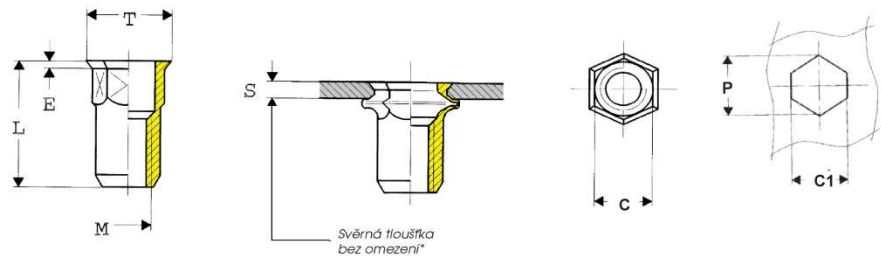
PEVNOST V TAHU (OCEL)

Možné zatížení v tahu závisí na tloušťce základního materiálu (S). Hodnotu lze vypočítat použijeme-li následující vzorec: $F_e = 0,5 \times S \times 1,5 \times D \times L_a$ (D= průměr matice SERBLOC „D“, La = mez pružnosti)

Obr. 1 Silové parametry nýtovacích matic

FHTR

**Malá hlava – šestihranná - průchozí –
typ FHTR**
Materiál: Ocel pozinkovaná



M	OBJEDNACÍ ČÍSLO		Svěrná tloušťka S	C	E	T	L	+0,1 C1
	OCEL							
M4	FHTR4		0.5 - 1.7	6.35	0.4	7.0	10.4	6.4
M5	FHTR5		0.5 - 2.0	7.10	0.5	8.1	12.0	7.2
M6	FHTR6		0.8 - 3.0	9.50	0.5	10.5	14.5	9.7
M8	FHTR8		0.9 - 3.3	10.60	0.6	11.5	16.0	10.6
M10	FHTR10		1.0 - 3.5	12.65	0.6	14.0	18.8	12.7

Obr. 2 Rozměrové parametry nýtovacích matic

PRODUCT DATA SHEET

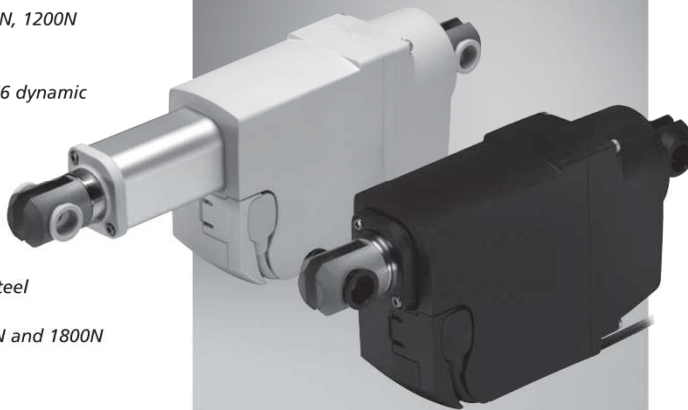
ACTUATOR LA23

Features and Options:

- Load in push: 2500N, 1800N, 1500N, 1200N or 900N
- Load in pull: 2500N, 1800N, 1500N, 1200N or 900N
- Housing colour: Grey or black
- Protection class: IPX4, IPX6 or IP66 dynamic
- Motor: 12 V DC, 24 V DC
- Stroke length: 20 - 300 mm
- Built-in dimensions: 110 mm + stroke length
- Positioning options: Hall, potential free end stop signals or Hall potentiometer
- Back fixture material: Plastic or steel
- Nut: Guided
- Safety nut: In push or pull (2500N and 1800N version only safety nut in push)
- Mechanical spline: Yes
- Built-in electrical end-stop: Yes
- Exchangeable cable: Yes
- Mechanical end stop: Yes

Usage:

- Duty cycle: 10%, 2 minutes continuous use followed by 18 minutes not in use
- Usage temperature: -30°C to +55°C (according to ISO 7176-9)
- Storage temperature: -45°C to +70°C (according to ISO 7176-9)
- Compatibility: Is approved and tested to run with: CB20, CB16 and CB6S.
Will be approved and tested to run with: CBJ1/2, CBJC, CBJH, and CB8 (September 2011).
- Approvals: Is approved according to DSI/EN60601-1 and UL60601-1



MEDLINE[®]
IMPROVING EFFICIENCY
CARELINE[®]
IMPROVING EFFICIENCY
TECHLINE[®]
IMPROVING FLEXIBILITY

The LA23 actuator is a small and strong push or pull actuator (up to 2500 N). The LA23 can be used in various applications where size is important.

Some of the benefits the LA23 offers you are:

- Compact design
- High lifting force
- Exchangeable cables

The standard LA23 is available for both the CARELINE[®], MEDLINE[®] and TECHLINE[®] product ranges.



iFLEX is the new sub-brand under which every TECHLINE[®] actuator with built-in intelligence is unified e.g. LINBUS and MODBUS.
For more information on iFLEX, please see: www.linak.com/techline

LINAK[®] 
WE IMPROVE YOUR LIFE

PRODUCT DATA SHEET

CB16 - OpenBus™ CONTROL BOX

Two versions are offered:

The CB16 OBL version (OpenBus LIGHT; which is RELAY based). The OBL version supports various OpenBus™ accessories and the flexible mini-fit actuator interface, but has some limitations compared to the more advanced OBF version.

3 different standard SW packages are available, which supports various functionality layouts.

The CB16 OBF version (OpenBus FULL; which is FET based) provides more opportunities in respect to functionality and general use.

Apart from the same performance as the OBL version, it also supports e.g.

- Service monitoring
- Feedback for positioning (parallel operation)

All functions necessary to define the CB16 OBF software must be chosen from a list of pre-defined standard functions. Please contact your LINAK sales contact for further information.

CB16: Why / where / which application?

Compared to the existing standard CB12 and CB14 it is more advanced offering a software controlled solution with a high degree of flexibility - With OpenBus™ architecture design it is a CB adding high value to the application - with possibilities in the future to upgrade the application by adding more features and options.

With both an OBL as well as the more advanced OBF version most carebed and hospital bed applications are covered.

CB16 – why?

With the flexible mini-fit actuator interface the choice of actuator is extended to more different types which gives the possibility to customize the application. Furthermore the OpenBus™ feature offers a lot more in operating accessories to customize an application.

The OpenBus™ concept simply differentiates the product range against the competition and provides opportunities that are new to OEM manufacturers.



CB16 is part of the LINAK OpenBus™ product range - that provides more flexible solutions no matter which actuator concept is preferred.

LA27C, LA31, LA34, BL1, BL4 with mini-fit plug and std. end-stop switch / signal switch are all supported – for further information about end-stop principles please contact LINAK A/S.

Please be aware the actuators must be used within their current limits in order to maintain proper use and full compatibility within a system.

LINAK® 
WE IMPROVE YOUR LIFE

Obr. 2 CB16 – OpenBus CONTROL BOX

PRODUCT DATA SHEET

CONTROL PANEL DPH Medical

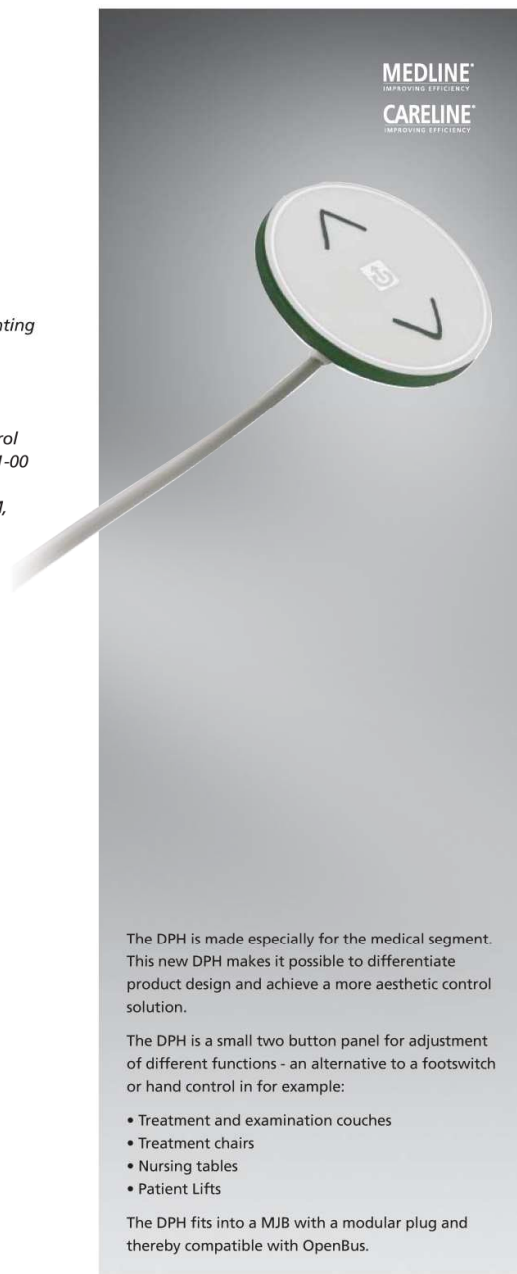
Features:

- Up and down activation of 1 function
- Available with white foil and chrome print
- Cable: 1500 mm straight cable, Grey colour RAL 7035
- Cable plug: Modular jack plug type RJ 45
- It is possible to achieve IPX4 by correct mounting in the application

Usage:

- Ambient temperature +5°C to +40°C
- DPH is compatible with the OpenBus™ control boxes via Modular Junction Box MJB5061101-00 as follows:

Control Boxes:	CB6S OBL, CB6S OBM, CB6S OBF, CB16 OBL, CB16 OBF CB20
----------------	---
- Approval of DPH with MJB according to EN60601-1, 3rd edition is pending



The DPH is made especially for the medical segment. This new DPH makes it possible to differentiate product design and achieve a more aesthetic control solution.

The DPH is a small two button panel for adjustment of different functions - an alternative to a footswitch or hand control in for example:

- Treatment and examination couches
- Treatment chairs
- Nursing tables
- Patient Lifts

The DPH fits into a MJB with a modular plug and thereby compatible with OpenBus.

LINAK® 
WE IMPROVE YOUR LIFE

Obr. 3 CONTROL PANEL DPH Medical

Příloha D:

Tab. 1 Pasivní moment M_Q

α [°]	$M_{Q\ MAX}[N\cdot mm]$	$M_{Q\ MIN}[N\cdot mm]$	30	456394	333962	61	203738	157714
0	577243	414015	31	449972	329556	62	194159	150954
1	575636	413093	32	443413	325048	63	184522	144148
2	573854	412046	33	436719	320442	64	174828	137299
3	571897	410874	34	429892	315738	65	165081	130407
4	569766	409576	35	422933	310938	66	155283	123476
5	567462	408154	36	415847	306044	67	145438	116508
6	564984	406607	37	408633	301056	68	135549	109504
7	562335	404936	38	401295	295976	69	125619	102466
8	559514	403142	39	393835	290806	70	115651	95397
9	556522	401226	40	386254	285548	71	105647	88299
10	553362	399187	41	378556	280203	72	95611	81175
11	550032	397026	42	370743	274772	73	85546	74025
12	546535	394744	43	362819	269258	74	75454	66853
13	542872	392343	44	354780	263661	75	65340	59661
14	539043	389821	45	346635	257984	76	55206	52450
15	535050	387181	46	338385	252229	77	45055	45224
16	530894	384423	47	330032	246397	78	34891	37984
17	526576	381548	48	321578	240490	79	24715	30732
18	522098	378557	49	313026	234509	80	14533	23470
19	517461	375450	50	304378	228457	81	4346	16202
20	512666	372229	51	295638	222336	82	-5843	8929
21	507715	368895	52	286808	216147	83	-16030	1653
22	502610	365448	53	277891	209892	84	-26212	-5624
23	497351	361890	54	268889	203573	85	-36385	-12899
24	491941	358222	55	259805	197192	86	-46548	-20169
25	486381	354445	56	250642	190751	87	-56697	-27434
26	480673	350559	57	241402	184252	88	-66828	-34691
27	474818	346567	58	232089	177696	89	-76939	-41936
28	468819	342469	59	222706	171087	90	-87027	-49169
29	462677	338267	60	213254	164425			

Tab. 2 Provozní prodloužení pružiny L a úhel γ , pod kterým působí pružiny

α [°]	γ [°]	L [mm]	30	17,04	36,81	61	13,83	12,08
0	45,6	55,3	31	16,1	36,1	62	14,88	11,46
1	44,7	54,8	32	15,1	35,4	63	15,93	10,84
2	43,8	54,26	33	14,17	34,72	64	16,98	10,23
3	42,9	53,73	34	13,21	34	65	18,03	9,62
4	42	52,6	35	12,24	33,31	66	19,09	9,02
5	41,1	52,07	36	11,28	32,6	67	20,15	8,42
6	40,2	51,5	37	10,31	31,9	68	21,22	7,83
7	38,4	50,93	38	9,34	31,2	69	22,29	7,2
8	37,46	50,35	39	8,36	30,45	70	23,36	6,66
9	36,55	49,76	40	7,38	29,7	71	24,43	6,1
10	35,64	49,17	41	6,4	29	72	25,5	5,5
11	34,73	48,57	42	5,42	28,3	73	26,59	4,96
12	33,82	47,96	43	4,43	27,6	74	27,68	4,4
13	32,9	47,35	44	3,44	26,84	75	29,87	3,9
14	31,99	46,7	45	2,45	26,1	76	30,86	3,31
15	30,7	46,1	46	1,46	24	77	31,83	2,8
16	30,2	45,48	47	0,46	22,6	78	32,06	2,3
17	29,23	44,8	48	0,54	20,5	79	33,16	1,8
18	28,3	44,2	49	1,54	19,8	80	34,26	1,25
19	27,38	43,55	50	2,55	19,2	81	35,37	0,75
20	26,45	42,9	51	3,56	18,5	82	36,48	0,256
21	25,5	42,2	52	4,52	17,9	83	37,6	0,1
22	24,58	41,57	53	5,59	17,2	84	38,72	0
23	23,65	40,91	54	6,61	16,5	85	39,84	0
24	22,71	40,2	55	7,63	15,9	86	40,96	0
25	21,77	39,56	56	8,66	15,25	87	42,09	0
26	20,83	39,56	57	9,69	14,61	88	43,22	0
27	19,89	38,9	58	10,72	13,97	89	44,36	0
28	18,94	38,2	59	11,75	13,34	90	45,5	0
29	18	37,51	60	12,79	12,71			

Tab. 3 Úhel δ , pod kterým působí aktuátory

α [°]	δ [°]	30	12	61	19
0	42	31	11	62	20
1	41	32	10	63	21
2	40	33	9	64	22
3	39	34	8	65	23
4	38	35	7	66	24
5	37	36	6	67	25
6	36	37	5	68	26
7	35	38	4	69	27
8	34	39	3	70	28
9	33	40	2	71	29
10	32	41	1	72	30
11	31	42	0	73	31
12	30	43	1	74	32
13	29	44	2	75	33
14	28	45	3	76	34
15	27	46	4	77	35
16	26	47	5	78	36
17	25	48	6	79	37
18	24	49	7	80	38
19	23	50	8	81	39
20	22	51	9	82	40
21	21	52	10	83	41
22	20	53	11	84	42
23	19	54	12	85	43
24	18	55	13	86	44
25	17	56	14	87	45
26	16	57	15	88	46
27	15	58	16	89	47
28	14	59	17	90	48
29	13	60	18		